

AALTO YLIOPISTON INSINÖÖRITIEIDEN KORKEAKOULU
KONEENRAKENNUSTEKNIIKAN LAITOS

Manuel Peltonen

Vaunulinjan kapasiteetinhallinnan kehittäminen vaiheketjuja parantamalla

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten

Espoo, 22.04.2013

Työn valvoja: Professori Kalevi Aaltonen

Työn ohjaaja: Diplomi-insinööri Pasi Laiho

Tekijä Manuel Peltonen

Työn nimi Vaunulinjan kapasiteetinhallinnan kehittäminen vaiheketjuja parantamalla

Laitos Koneenrakennustekniikan laitos

Professuuri Tuotantotekniikka

Professuurikoodi Kon-15

Työn valvoja Professori Kalevi Aaltonen

Työn ohjaaja Diplomi-insinööri Pasi Laiho

Päivämäärä 22.04.2013

Sivumäärä 98+ 7

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Tämän diplomityön teettävä yritys valmistaa nostovaunuja teollisuustuotteisiin Hyvinkään tehdasalueella. Tuotantolaitoksen vaiheketjut olivat vajavaiset, jonka takia myös tehtaan kapasiteetinhallinta oli alhaisella tasolla. Tämän työn pääasiallisena tavoitteena on uusien vaiheketjujen avulla parantaa yrityksen kapasiteetinhallintaa. Globaalin toiminnanohjausjärjestelmän puutteen vuoksi yrityksessä on meneillään projekti uuden toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönottoon. Tämän työn avulla pyritään myös muuttamaan yrityksen toimintatapoja uuden toiminnanohjausjärjestelmän vaatimusten mukaisiksi.

Diplomityössä käytettiin tutkimusmenetelmänä kirjallisuustutkimusta sekä nykytila-analyysiä, joiden pohjalta muodostettiin työn tuloksena esitellyt ratkaisut. Kirjallisuustutkimuksessa käytiin läpi kapasiteetinhallinnan perusteet, toiminnanohjausjärjestelmien toiminta sekä tuotannonohjauksen kuuluisimmat filosofiat ja toimintamallit. Lisäksi kirjallisuustutkimuksessa etsittiin yhteyttä tuotannonohjauksen sekä yrityksen tavoitteiden välille.

Työssä määriteltiin nostovaunutehtaan kahdelle tuotantolinjalle uudet solurakenteet sekä linjoilla tuotettaville tuotteille uudet vaiheketjut. Uudet vaiheketjut sisältävät vanhoja vaiheketjuja enemmän vaiheita ja näin ne kuvaavat tuotantoa aiempaa tarkemmin. Lisäksi vaiheketjuja muutettaessa, päivitettiin myös vaiheajat. Näiden muutosten ansiosta nykyiseen tuotannonohjausjärjestelmään saadaan kerättyä tuotannosta tarpeeksi laadukasta tietoa kapasiteetinhallintaa varten.

Kapasiteetinhallinnan mahdollistamiseksi tämän työn tuloksena muutettiin myös vaiheiden raportointikäytäntöjä. Tässä työssä tehtyjen muutosten ansiosta nostovaunutehtaan kapasiteetinhallintaa voidaan suorittaa huomattavasti aiempaa tarkemmin sekä parempien ja helppokäyttöisempien työkalujen avulla. Nyt kapasiteetinhallintaan voidaan käyttää nykyisessä tuotannonohjausjärjestelmässä olevia kapasiteetinhallinta – raportteja. Kaikki edellä kuvatut muutokset myös valmistavat tuotantolaitoksen siirtymistä uuden tuotannonohjausjärjestelmän käyttöön.

Avainsanat: Kapasiteetinhallinta, toiminnanohjausjärjestelmä, vaiheketju, vaiheaika, läpäisy aika, tuotannonohjaus.

Author Manuel Peltonen

Title Enhancement of trolley assembly line capacity planning by improving routings

Department Department of Engineering Design and Production

Professorship Production engineering

Code Kon-15

Supervisor Professor Kalevi Aaltonen

Instructor Pasi Laiho M.Sc (tech.)

Date 22.04.2013 **Number of pages** 98+ 7 **Language** Finnish

Abstract

The company studied in this Master's thesis manufactures hoisting trolleys for heavy duty lifting cranes in Hyvinkää, Finland. The routings on this particular factory were outdated and too robust for capacity planning on the level that the company wanted. The main goal for this thesis work was to improve the capacity planning of the company by introducing new routings for the goods manufactured. In order to unify the practices across the company and to improve the global information flow internally and externally, the company has launched a program for implementing one global enterprise resource planning system. The changes made as results of this thesis must therefore be in line with the practices of the new enterprise resource planning system.

The research results are based on a literature review and the current state analysis. The literature review in this thesis work is constructed from three parts. In the first part capacity planning methods and their acceptability to different production methods are discussed. After that the most well known production philosophies are reviewed and finally the enterprise resource planning systems are discussed.

Based on the literature review and the current state analysis this thesis defined new work centers and new routings for improving the capacity planning of the production plant. The new routings are more accurate and have new production phases described in them, to help to define the production lines in required accuracy. Because of these changes, the data collected from the production lines can be used for planning the capacity on desired level. To enable capacity planning to be used, the reporting methods of work phases were also changed.

All the changes made during this thesis and described above also prepare this production plant for the changes that the new enterprise resource planning system will bring. The results of this thesis enable the hoisting trolley production plant to practice capacity planning on a more precise level and by using better capacity planning tools than before. After the changes made in the routings and the reporting, the build-in capacity planning tools of the current enterprise resource planning system can be used.

Keywords: Capacity planning, enterprise resource planning, routing, throughput time.

Alkusanat

Tämä työ on tehty Konecranes Finland Oy:n Hyvinkään tehdasalueella toimivan teollisuusnostureiden nostovaunuja valmistavan yksikön kokoonpanotuotantoon. Ennen työn aloittamista minulla oli mahdollisuus tutustua yksikön toimintaan kesätyön merkeissä. Olen erittäin kiitollinen saamastani mahdollisuudesta työskennellä Konecranesin Oy:n palveluksessa ja saamastani työkokemuksesta.

Haluan kiittää työn ohjaajana toiminutta tehdaspäällikkö Pasi Laihoa hänen antamastaan mahdollisuudesta sekä kaikesta tuesta ja ohjauksesta työn aikana. Samalla haluan kiittää kaikkia työtovereitani, jotka ovat avuliaasti neuvoneet sekä opastaneet aina tarpeen vaatiessa, ja näin mahdollistaneet työni saattamisen päätökseen.

Lisäksi haluaisin kiittää professori Kalevi Aaltosta kaikesta opiskeluuni ja tähän työhön saamastani avusta. Ennen kaikkea haluan kiittää perhettäni sekä läheisimpiä ystäviäni tuesta, ilmaisesta ruoasta sekä kaikesta mahdollisesta muustakin avusta koko opiskelujeni ajan. Suurimman kiitoksen haluan kuitenkin antaa Jumalalle, joka on mahdollistanut ja antanut minulle kaiken. Kiitos!

Hyvinkää, 22.4.2013

Manuel Peltonen

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Peltonen', with a long horizontal flourish extending to the right.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä
Abstract
Alkusanat
Sisällysluettelo
Lyhenneluettelo

1. Johdanto 1

1.1 Tutkimuksen tausta.....1

1.2 Tutkimusongelma.....3

1.3 Tutkimuksen tavoite3

1.4 Tutkimuksen rajaukset.....4

1.5 Tutkimuksen rakenne.....4

1.6 Yritysesittely.....5

2. Kapasiteetin hallinta 7

2.1 Määritelmä ja tarkoitus.....7

2.2 Kapasiteetinhallintamenetelmät8

2.3 Kapasiteetinhallintamenetelmien soveltuvuus eri tuotantotapoihin ja -
ympäristöihin11

2.3.1Kapasiteetin käyttöaste 15

3. Tuotannonohjaus..... 16

3.1 Tuotannonohjaus16

3.2 TPS tuotantofilosofia.....16

3.3 TOC tuotantofilosofia.....18

3.4 Tuotantoympäristön vaikutukset tuotannonohjaukseen21

3.4.1Materiaalin vapauttaminen 23

3.5 Tuotannonohjauksen ja yrityksen tavoitteet29

3.6 Tuotannon ohjaaminen yrityksen tavoitteiden mukaan sekä tavoitteiden
mittaaminen.....34

3.6.1Five Focusing steps (FFS)..... 39

4. ERP – järjestelmät (toiminnanohjausjärjestelmät) 43

4.1 ERP – järjestelmän määritelmä sekä tarkoitus43

4.2 ERP – järjestelmän kehityshistoria.....45

4.3 ERP – järjestelmän rakenne47

4.4 ERP – järjestelmän käyttöönotto48

5. Tuotannon nykytila 51

5.1 Kokoonpantavat tuotteet51

5.2 Layout.....54

5.2.1 UM – nostovaunujen kokoonpanolinja.....	54
5.2.2 RTG/RMG – nostovaunujen kokoonpanolinja	57
5.3 Kokoonpano	57
5.3.1 UM nostovaunun kokoonpanon nykytila.....	57
5.3.2 RTG ja RMG nostovaunujen kokoonpanon nykytila	58
5.4 Tuotantolinjan tasapaino	59
5.5 Nykyinen ERP – järjestelmä ja sen käyttö	60
5.5.1 UM-nostovaunujen työsuunnittelu ERP -järjestelmässä	61
5.5.2 RTG- ja RMG -nostovaunujen työsuunnittelu ERP -järjestelmässä.....	64
5.6 Töiden ajoitus.....	65
5.7 Materiaalin vapauttaminen tuotantoon.....	69
6. SAP -toiminnanohjausjärjestelmän kapasiteetinhallinnan kannalta tärkeät toimintaperiaatteet	71
6.1 SAP yrityksenä.....	71
6.2 Origo projekti	72
6.3 Tuotannonohjaus SAP:ssa.....	73
6.4 Solurakenne sekä vaiheketjut SAP:ssa	74
6.5 Kapasiteetinhallinta SAP:ssa	75
7. Tutkimustulokset	77
7.1 iLM järjestelmään luodut solut sekä vaiheketjut.....	77
7.2 Uusien vaiheketjujen ja solujen vaikutus tuotannonohjaamiseen sekä kapasiteetinhallintaan	84
7.3 Vaikutukset organisaatioon ja taloudellinen näkökulma.....	88
7.3.1 Vaunulinjan muutosten vaikutus organisaatioon	88
7.3.2 Taloudellinen näkökulma työn tuloksista	90
8. Johtopäätökset	93
9. Suositukset.....	95
10. Yhteenveto.....	98

Lähdeluettelo

Liitteet

Lyhenneluettelo

APICS	The Association for Operations Management
MRP	Materials Requirement Planning
JIT	Just In Time
OPP	Order Penetration Point
MTO	Make to order
MTS	Make to stock
ATO	Assemble to order
ERP	Enterprise resource planning
RCCP	Rough cut capacity planning
CRP	capacity requirements planning
TPS	Toyota production system
TOC	Theory of constraints
KET, WIP	Work in process, Keskeneräinen tuotanto
ARP	Advanced resource planning
MES	Manufacturing execution system
OPT	Optimized Production Timetables

1. Johdanto

Kapasiteetinhallinta on oleellisena osana jokaisen yrityksen liiketoimintaa nykypäivänä ja sen avulla voidaan joko saada kilpailullista etua tai huonosti hoidettuna se voi vastaavasti myös hankaloittaa yrityksen tavoitteiden saavuttamista. Kapasiteetinhallintaan vaikuttaa useat eri asiat, mutta toimivan kapasiteetinhallinnan takaamiseksi on yrityksen pystyttävä kuvaamaan tuotantonsa ja valmistusprosessinsa ennalta tarpeeksi tarkasti, jotta tulevaisuuden tarpeita voidaan arvioida. Mikäli valmistusprosesseja ei pystytä ennalta kuvaamaan, ei voida myöskään selvittää kapasiteettitarpeita ja näin myös kapasiteetinhallinta jää tekemättä.

Yksi oleellinen tapa tulevaisuuden tarpeiden kuvaamiseen on vaiheketjut, jotka kertovat mitkä valmistusvaiheet tuotteen valmistus vaatii ja kuinka paljon kussakin vaiheessa kuluu aikaa. Vaiheketjujen avulla voidaan suunnitella, joko tiedetyn kuorman tai ennusteiden mukaan, tulevan kuorman aiheuttamia kapasiteettitarpeita. Kapasiteetinhallinnan kannalta oleellista on tietää niin kapasiteetin rajoitteet kuin myös kapasiteetin tarpeet. Vaiheketjujen avulla voidaan mahdollistaa kapasiteetinhallinta ja myös parantaa sen tarkkuutta.

Tämän työn tarkoituksena on vaiheketjuja parantamalla kehittää tämän työn teettävän yrityksen yhden tuotantolaitoksen kapasiteetinhallintaa. Totuutta paremmin kuvaavilla sekä tarkempien vaiheketjujen luomisella halutaan varmistaa kapasiteetinhallinnan kannalta oleellisen tiedon saatavuus sekä oikeellisuus. Tutkimuksen tausta, ongelma ja tavoitteet esitellään seuraavaksi. Tämän jälkeen käydään läpi tutkimuksen rajaukset sekä tutkimusmenetelmä, jonka jälkeen esitellään yritys, jolle tämä työ tehdään.

1.1 Tutkimuksen tausta

Tällä hetkellä kapasiteetinhallinnasta ja sitä kautta tuotannonohjaamisesta Hyvinkään nostovaunutuotannossa erityisen hankalaa tekee vanhentuneet ja vajavaiset vaiheketjut, joiden kautta ei saada tuotannosta tarpeeksi tarkkaa ja luotettavaa tietoa tuotannonohjaamisen päätösten tueksi. Tuotteiden vaiheketjut ovat hieman sekavia

samoin kuin raportointikäytännöt, joista johtuen nykyisestä ERP – järjestelmästä ei saada tarpeeksi luotettavaa tietoa läpimenoajoista ja niiden kehittymisestä.

Tuotannon nykytilan sekavuuden ja sen hankalan mittaamisen sekä hahmottamisen vuoksi tämän työn tavoitteena on luoda Hyvinkään vaunulinjan tuotteille uudet selkeämmät ja todenmukaisemmat vaiheketjut. Uusien vaiheketjujen lisäksi tämän työn tavoitteena on myös muiden muutosten kautta, kuten esimerkiksi solurakennetta sekä raportointikäytäntöä muuttamalla, saavuttaa paremmat edellytykset vaunulinjan kapasiteetinhallintaan.

Yritys on myös siirtymässä seuraavan vuoden aikana uuden ERP – järjestelmän käyttöön, joka tulee luonnollisesti muuttamaan toimintaa huomattavasti. Syinä uuteen ERP – järjestelmään siirtymiseen ovat mm. tarve parempaan organisaatioiden välisen tiedonsiirtoon, yhteisten toimintatapojen puutos, tarve resurssien sekä kapasiteetin parempaan hyödyntämiseen ja ajankohtaisen ja tarpeellisen tiedon saatavuuden varmistaminen, jotta paikallisella tasolla voidaan tehdä parhaita päätöksiä. (Konecranes, 2012a)

Vaunulinjan vaiheketjujen muutoksissa otetaan huomioon myös yrityksen siirtyminen uuden ERP -järjestelmän käyttöön lähitulevaisuudessa. Uuden ERP -järjestelmän vaatimat muutokset vaiheketjuissa sekä niihin liittyvissä tallennettavissa tiedoissa otetaan huomioon uusia vaiheketjuja suunniteltaessa. Lisäksi uuden ERP -järjestelmän vaatimat tiedot koskien vaiheketjuja tai kapasiteetinhallintaa kerätään ja pyritään tallentamaan sellaiseen muotoon, että niiden siirtäminen uuteen järjestelmään on mahdollisimman vaivatonta sekä nopeaa. Tavoitteena on siis luoda mahdollisimman toimivat sekä kapasiteetinhallintaa hyvin tukevat vaiheketjut nykyiseen järjestelmään siten, että vaiheketjujen sekä niihin liittyvän tiedon siirtäminen uuteen järjestelmään on mahdollisimman saumatonta. Lisäksi työssä pyritään varmistamaan, että Hyvinkään vaunutehtaalla uuden ERP – järjestelmän mahdollistamat tarpeelliset kapasiteetinhallinnan työkalut tulevat käyttöön ja että ne tukevat näin paikallista päätöksentekoa hyödyntäen koko yritystä, kuten uuden ERP – järjestelmän hankinnan syissä todettiin.

1.2 Tutkimusongelma

Tällä hetkellä vaunulinjassa käytettävät vaiheketjut eivät tue tarpeeksi kapasiteetinhallintaa ja ne ovat muutenkin osin vanhentuneita ja hyvin epätarkkoja. Lisäksi yhteisen ohjeistuksen puutteen vuoksi vaiheketjujen käytössä on eroja eri työsuunnittelijoiden välillä. Vaiheketjujen vanhentumisen sekä tuotannon muuttumisen takia tuotteiden vaiheketjut eivät tällä hetkellä anna kenellekään sitä informaatiota, jota varten ne on luotu. Jokaiselle valmistettavalle osakokoonpanolle on oma vaiheketju, eätkä nämä vaiheketjut tällä hetkellä ole mitenkään yhteydessä toisiinsa. Vaiheketjujen hajanaisuuden vuoksi lopullisen tuotteen vaiheiden selvittäminen on erittäin hankalaa ja työmäärien selvittäminen vielä vaikeampaa. Tämän lisäksi jotkin käytettävistä vaiheketjuista ohjaavat osia eri soluihin, kuin missä niitä oikeasti työestetään ja vaiheketjujen vaiheajat ovat myös osin vanhentuneita.

Osittain vaiheketjujen sekä raportointikäytäntöjen johdosta, tällä hetkellä vaunulinjan kapasiteetinhallintaa ei käytännössä tapahdu lainkaan. Tuotannonohjaajalla on oma erillinen excel – asiakirja, johon on käsin merkitty keskimääräiset läpimenoajat sekä työntekijöiden määrät. Uusien töiden ajoittamisen yhteydessä pyritään tämän taulukon avulla huomioimaan käytettävissä oleva kapasiteetti ja vaunut ajoitetaan käsin viikon tarkkuudella. Käytössä olevassa ERP – järjestelmässä on valmiita kapasiteetinhallinnan apuvälineitä, mutta ne eivät ole tällä hetkellä vaunulinjalla käytössä, eikä niiden vaatimaa dataa kerätä nykyiseen ERP – järjestelmään.

1.3 Tutkimuksen tavoite

Tämän työn avulla pyritään vaiheketjuja parantamalla ja selkeyttämällä mahdollistamaan kapasiteetinhallinta vaunulinjalla. Vaiheketjujen luominen kokoonpantaville vaunuille on erityisen tärkeää, sillä tällä hetkellä vaunujen kokoonpanosta ei ole olemassa käytäntöä kuvaavaa vaiheketjua, vaan vaunun kokoonpanosta on järjestelmässä erillisiä vaiheita ilman minkäänlaista liitää toisiinsa. Tämän lisäksi näiden vaiheiden raportointi tapahtuu vasta vaunun valmistuttua, joten vaunun kokoonpanon vaiheista ja niiden valmistumisista ei saada kerättyä mitään tietoa kokoonpanotyön aikana. Ainoa tieto, joka tällä hetkellä järjestelmästä saadaan, on

vaunun läpimenoaika, joka sekin on usein hyvin vajavainen sekä erilaisille muutoksille altistuva muuttuja. Muutosten ja eri raportointikäytäntöjen takia kerättyjä läpimenoaikoja ei voida pitää luotettavina, eikä niiden pohjalta voida tehdä kapasiteetti- tai kuormitusseurantaa.

Tässä työssä etsitään parasta mahdollista ratkaisua vaiheketjujen kirjaamiseen vaunulinjan kapasiteetinhallinnan parantamiseksi. Haasteena on myös se, että vaiheketjut tulisi suunnitella ja toteuttaa siten, että ne olisivat mahdollisimman helposti kopioitavissa uuteen ERP – järjestelmään, joka yritykseen on tulossa vuoden 2014 kuluessa. Tavoitteena on siis vaiheketjuja parantamalla mahdollistaa kapasiteetinhallintaan vaadittavan datan kerääminen ERP – järjestelmään.

1.4 Tutkimuksen rajaukset

Tässä työssä muodostetaan kapasiteetinhallintaa tukevat ja todellisuutta kuvaavat vaiheketjut, eikä oteta kantaa kokoonpanolinjan tehokkuutta parantaviin toimenpiteisiin. Työn tarkoituksena on ennen kaikkea saada järjestelmään realistinen ja helposti seurattava kuva tuotannon tilasta, jota voidaan tuotannon kehittyessä tarpeen mukaan muuttaa. Lisäksi tämän työn tuloksena esiteltävien vaiheketjujen tulee omalta osaltaan edesauttaa kapasiteetinhallinnan kannalta kriittisen tiedon keräämistä sellaisessa muodossa, että vaunulinjan kapasiteetinhallinta on sekä helppoa että jatkuvaa.

1.5 Tutkimuksen rakenne

Tämä diplomityö sisältää johdannon lisäksi kolme erillistä osiota: teoria-, nykytila-analyysi - sekä tulokset-osion. Teoriaosuus on tehty kirjallisuustutkimuksena ja siinä on pyritty aiheeseen perehtyvän kirjallisuuden sekä tieteellisten julkaisuiden avulla selvittämään teorian ydin sekä tutkimusten nykytila. Ensimmäisenä teoria osuudessa käsitellään kapasiteetinhallinta, määritetään se ja kuvataan sen mahdollisuuksia sekä siihen vaikuttavia ympäristö- sekä tuotannollisia tekijöitä. Tämän jälkeen perehdytään tuotannonohjaukseen sekä käydään läpi tunnetuimpien tuotantofilosofioiden teorioita ja käytännön sovellutuksia. Teoria osuuden viimeisessä osuudessa käsitellään tuotannonohjausjärjestelmiä eli ERP – järjestelmiä sekä niiden toimintaa.

Työn toisessa osassa pohjustetaan tulokset -osiota käymällä läpi työn teettävän yrityksen tuotannon nykytila. Tässä osiossa käsitellään tuotannon tilaa tuotannonohjauksen, työsuunnittelun sekä kapasiteetinhallinnan näkökulmasta. Viimeisenä osiona tässä työssä esitellään diplomityön aikana tehdyt muutokset nykyiseen järjestelmään sekä toimintaan, suunnitelmat ja kehitysehdotukset tulevaan ERP – järjestelmään siirtymistä varten sekä tehtyjen muutosten avulla saavutetut tulokset.

1.6 Yritysesittely

Konecranes on yksi maailman johtavista nostolaittevalmistajista ja maailman suurin teollisuusnostureiden valmistaja, joka valmistaa ja huoltaa teollisuusnostureita ja tarjoaa kokonaisvaltaisia nostoratkaisuja usealle teollisuuden alalle. Tämän lisäksi Konecranesin huoltoyksikkö myös huoltaa ja tekee ennakoivaa kunnossapitoa työstökoneille ja satamalaitteille. Yrityksen liiketoiminta onkin jakautunut laitteisiin (equipment) sekä kunnossapitoon (service). Hyvinkään teollisuusalueella toimii raskaiden teollisuusnostureiden nostovaunuja valmistava tehdas sekä nostovaihteita, teloja ja kantopyöriä sekä nostureiden ja vaunujen sähkötekniikkaa valmistavat tehtaot. (Konecranes 2013)

Yrityksen liiketoiminta-alue, laitteet, toimittaa nostoratkaisuja ja palveluita valmistus- ja prosessiteollisuudelle, ydinvoimaloille, laivanrakennusteollisuudelle sekä satamille. Yhtiön tavoitteena on tarjota asiakkailleen kokonaisvaltaisia nostoratkaisuja sekä palveluita. Yhtiön liiketoiminta-alue, kunnossapito, tarjoaa kunnossapitoa kaikkien valmistajien nostureille ja satamalaitteille sekä myös työstökoneille. Konecranesilla onkin maailman laajin nostureiden kunnossapitoverkosto ja se on selvä nostureiden huoltotoiminnan markkinajohtaja. (Konecranes 2013)

Yhtiön historia ulottuu aina vuoteen 1910 asti, jolloin perustettiin sähkömoottoreiden korjaamiseen erikoistunut Kone Oy. Yhtiön nosturivalmistus alkoi vuonna 1933, jolloin Kone Oy aloitti teollisuusnostureiden valmistuksen. Tällöin asiakaskunta koostui lähinnä voimalaitos- sekä paperi- ja sellulaitosteollisuuden parissa työskentelevistä yrityksistä. Yhtiön kansainvälinen laajentuminen alkoi vuonna 1973, jolloin se teki yritysosaston Norjasta. Vuonna 1988 perustettiin Kone Oy:n sisään oma nosturidivisioona,

josta myöhemmin vuonna 1994 muodostui Konecranes Oy, kun Kone Oy myi kaikki hissitoimintaansa kuulumattomat toimintonsa. Tämän jälkeen Konecranes Oy:n kasvu on ollut pääasiassa orgaanista, mutta myös yritysostojen kautta on saavutettu kasvua. Vuonna 1997 suoritettiin Konecranesin ensimmäinen yritysosto Saksasta ja vuonna 2002 perustettiin oma tuotantolaitos Kiinaan Shanghaihin. (Konecranes 2013)

2. Kapasiteetin hallinta

Tässä kappaleessa esitetään kapasiteetin hallinnan määritelmä sekä sen eri tasot. Tämän jälkeen kappaleessa tutustutaan erilaisiin kapasiteetin hallinnan menetelmiin ja käydään läpi niiden eri ominaisuuksia. Kapasiteetinhallinnasta on kirjoitettu hyvinkin paljon ja akateemisessa kirjallisuudessa on esitetty hyvin kehittyneitä algoritmeja erilaisten tilanteiden hallintaan, mutta akateemisen kirjallisuuden suositusten ja käytännön kapasiteetinhallinnan välillä on usein suuri kuilu. Tässä kappaleessa pyritään myös löytämään syitä siihen, miksi kehittyneiden kapasiteetinhallintamenetelmien käyttö on suhteellisen vähäistä ja monet yritykset käyttävät mieluummin Excelin tapaisia taulukko-ohjelmia kapasiteetinhallinnassa kehittyneiden algoritmien sijaan. (Tenhiälä, 2009)

Lisäksi pohditaan mitkä kapasiteetinhallintamenetelmien ominaisuudet vaikuttavat niiden käyttökohteisiin ja kuinka eri organisaatiotasot voivat omassa toiminnassaan hyödyntää näitä menetelmiä. Lopuksi kappaleessa esitellään vielä eri kapasiteetinhallintamenetelmien soveltuvuus erilaisiin tuotantoympäristöihin.

2.1 Määritelmä ja tarkoitus

Kapasiteetin hallinta ja ohjaaminen ovat keskeinen osa tuotannonohjausta sekä tuotannon pidempiaikaista suunnittelua. Kapasiteetin hallinta jakautuu kahteen päävaiheeseen, kapasiteetin (suuruuden) suunnitteluun sekä kapasiteetin käytön suunnitteluun sekä ohjaamiseen. Kapasiteetin suuruuden suunnittelu on osa yrityksen pidempiaikaista suunnittelua ja sen muuttaminen ei onnistu aivan lyhyellä aikavälillä. Kapasiteetin suuruutta voidaan säätää mm. työntekijöiden tai koneiden lisäämisellä, työvuorojen lisäämisellä tai rinnakkaisten yksiköiden perustamisella. Ylitöillä ja työaikajoustoilla kapasiteettia voidaan muuttaa jonkin verran, mutta kuitenkin suhteellisen vähän. Tästä syystä nämä keinot jätetään yleisesti tuotantosuunnitelmaan väkisinkin sisältyvän vaihtelun tasaamiseksi kapasiteettisuunnitelmien toteutusvaiheessa. (Lapinleimu et al., 1997)

Kapasiteetin käytön suunnittelussa ja hallinnassa mietitään mihin kapasiteettia kulloinkin käytetään ja sen avulla tehdään tarkemmat tuotantosuunnitelmat, joiden perusteella voidaan arvioida tuotannon kykyä toimia ja yrityksen kykyä vastata kysyntään. Kapasiteetin laatu ja ominaisuudet määrittävät pitkälti suunnittelun vaikeuden sekä toimintatavat, joita tulee noudattaa. Esimerkiksi joustavat ja monikäyttöiset koneet sekä työntekijät helpottavat kuormituksen ja kapasiteetin tasaamista ja näin kapasiteetin suunnittelu helpottuu. Kapasiteetin hallinta on APICSin (The Association for Operations Management) määritelmän mukaan kapasiteetin sopeuttamista ja tasaamista siten, että suunnittelun, mittausten, seurannan sekä sovittamisen avulla saavutetaan tarpeellinen määrä kapasiteettia tuotannon aikataulujen pitämiseksi. (Lapinleimu et al., 1997), (Ashayeri, 2005)

2.2 Kapasiteetinhallintamenetelmät

Kapasiteetinhallintamenetelmien avulla halutaan selvittää tulevan kuorman sekä käytössä olevan kapasiteetin suhdetta ja selvittää onko tehty tuotantosuunnitelma toteutettavissa. Ennen tätä on kuitenkin jotenkin pystyttävä määrittelemään tuotteiden tuottamiseen kuluva resurssien määrä. Tämä tehdään kuormitusmallien avulla, jotka kuvaavat tuotteen läpäisyaikaa sekä sen vaatimaa työaikaa. Kun tilaukset tämän jälkeen liitetään tuotantosuunnitelmaan toimitushetken mukaan, voidaan laskea aikaan sidottu kuormitus. Näiden tietojen avulla voidaan muodostaa tarkempi tuotantosuunnitelma ja ajoittaa tilauksia parhaan tuloksen saavuttamiseksi ja siis tehdä kapasiteetinhallintaa. (Lapinleimu et al. 1997)

Suunnitelmien sekä sääntöjen välinen kahtiajako kapasiteetinhallinnassa valmistavassa tuotannossa on erityisen selkeä, jossa toinen paradigma painottaa aikaperusteista suunnittelua, kun taas toinen painottaa sääntöjä sekä yksinkertaisuutta. Ensiksi mainitun keskeinen konsepti on Materials Requirement Planning (MRP), kun taas jälkimmäinen perustuu pitkälti Just In Time (JIT) metodiin. MRP:n pohjalta tehdyt suunnitelmat perustuvat materiaalien saatavuuden laskemiseen vaiheketjujen, vaiheaikojen, toimitusaikojen sekä jonotusaikojen perusteella. Näin muodostetaan materiaaleille aikataulut niiden tarpeen mukaan. JIT:n periaatteet taas pohjautuvat enemmän

sääntöihin, joita noudatetaan tiettyjen ehtojen täytyessä tuotannossa ja näin ollen ennalta tehtävää tarkkaa suunnitelmaa ei ole. Esimerkiksi imuohjaus ja kanban -korttien käyttö perustuu sääntöihin milloin saadaan tuottaa mitäkin osia ja näiden sääntöjen avulla tuotannon tahti, tuotettavat tuotteet sekä näin ollen myös kapasiteetin tarve määräytyvät. (Tenhiälä, 2011), (Enkawa, Schvaneveldt 2007)

Tuotannon yksinkertaistamiseksi tuotanto pyritään yleensä mahdollisimman hyvin eristämään ulkoisten muuttujien vaikutusten alta. Miten hyvin tämä eristäminen onnistuu, riippuu hyvin pitkälti siitä, kuinka aikaisin tilauskohtaiset vaatimukset tulee tuotannossa ottaa huomioon. Tätä ilmiötä kuvaamaan on luotu oma määritelmä, Order Penetration Point tai lyhemmin OPP. OPP kuvaa sitä hetkeä, jolloin tuotteen valmistuksessa tilauskohtaiset vaatimukset tulee ottaa huomioon ja ne alkavat vaikuttaa tuotantoon. Mitä aiemmin OPP tuotannossa sijaitsee, sitä suurempi on altistuminen ulkoisiin muutoksiin ja ympäristöön. Tästä syystä aikaperusteinen suunnittelu on tärkeää erityisesti make-to-order (MTO) tuotannolle, jossa tuotteita valmistetaan tilauskohtaisesti ja näin ollen OPP realisoituu erittäin aikaisessa vaiheessa tuotantoa. JIT menetelmät taas soveltuvat parhaiten make-to-stock (MTS) tuotantoon, jossa standardoituja tuotteita toimitetaan varastosta asiakkaan tilausten perusteella. Tällöin voidaan määrittää tietyt varastotasot, jotka käynnistävät tuotannon varastotasojen ylläpitämiseksi. Assemble-to-order (ATO) -tuotannossa sekä muissa edellä kuvattujen tuotantotapojen väliin sijoittuvissa tuotannoissa, nämä kaksi edellä mainittua suunnitteluperustetta voivat esiintyä rinnakkain. OPP:n myöhästyttäminen tuotannossa mahdollistaa JIT -pohjaisten suunnitteluperiaatteiden käytön tuotannon alkupäässä ja näin ollen tuotannossa voidaan mahdollisesti käyttää molempia edellä kuvattuja suunnitteluperusteita. (Tenhiälä, 2011), (Wemmelöv, 1984)

Erilaiset toimintaympäristöt myös usein vaativat kapasiteetin hallinnalta eri asioita ja erilaista tarkkuutta. Liian epätarkat ja löyhät kapasiteettisuunnitelmat johtavat usein kasvaviin läpimenoaikoihin, kun taas liian tiukat suunnitelmat aiheuttavat usein myöhästyksiä, eikä suunniteltuja toimitusaikoja voida pitää. Tästä syystä on tärkeää

ymmärtää mitä kapasiteetinhallinnalta halutaan ja miten sitä voidaan tehokkaimmin käyttää. (Tenhiälä, 2011)

Rough cut capacity planning (RCCP) on nimensä mukaisesti karkea työkalu kapasiteetin suunnitteluun ja se tarjoaa yleiskuvan kapasiteettivaatimuksista. RCCP:n avulla tehty kapasiteettisuunnitelma on yleisluontoinen ja se jättää huomiotta monia asioita muodostaakseen yksinkertaisen ja nopean tavan kapasiteettitarpeen hahmottamiseen. RCCP ei ota huomioon osakokoonpanovarastoja, vaiheketjuja, asetusajoja tai sarjakokoja, ja se antaa kapasiteettitarpeen isomman kokonaisuuden, kuten tuoteryhmän tai tuotelinjan suhteen. Tämän menetelmän etuja ovat sen suorittamisen helppous, vaadittavan ennakkotiedon määrän vähyys sekä sen keskittyminen keskeisiin resursseihin. Heikkouksia taas ovat varastojen huomiotta jättäminen, joka tarkoittaa sitä, että kapasiteettisuunnittelu ei ole dynaamista eikä ajan tasalla olevaa. Toinen sen heikkouksista on sen soveltumattomuus lyhyen aikavälin suunnitteluun. Kaiken kaikkiaan se on hyvä työkalu tuotantosuunnitelman tekemisen tai sen päivittämisen tueksi. (Wenyi et al. 2007), (Lapinleimu, 1997)

Capacity requirements planning (CRP) on suunnittelutyökalu materiaalitarmeiden kapasiteetin varmistamiseksi sekä vahvistamiseksi. Materiaalien tarvelaskenta eli MRP laskee materiaalien tarpeet ja sen kohteena ovat konkreettisesti materiaalit ja niiden tarpeet. CRP:n kohteena on kapasiteetti, joka on abstrakti ja riippuvainen mm. työn tehokkuudesta sekä työntekijöiden ja vuorojen määrästä. CRP muuttaa siis materiaalitarmeet kapasiteettitarpeiksi, arvioi käytettävissä olevan kapasiteetin ja varmistaa muuttuvien vaikuttimien tilan, jotta se voi harmonisoida kapasiteettitarpeen käytettävissä olevaan kapasiteettiin. Toisin kuin RCCP, joka ei ota huomioon vaiheketjuja eikä siten myöskään yksittäisten resurssien kapasiteettia, CRP:n avulla tehty suunnitelma sisältää kaikkien resurssien kapasiteettitarpeet. CRP näyttää kapasiteettitarpeet suhteessa käytössä olevaan kapasiteettiin, mutta se ei tarjoa suoraa vastausta töiden ja tilausten ajoittamiseen. (Wenyi et al. 2007)

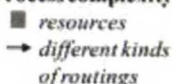

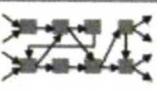


Finite loading metodien avulla automatisoidaan CRP:n vaatima kapasiteetin rajoitteiden huomioiminen kapasiteettisuunnitelmia tehdessä. Kapasiteettisuunnitelmia tehdessä

ensin materiaalisuunnitelmat selvitetään, jonka jälkeen algoritmien avulla tehdään kapasiteettisuunnitelmat. Nämä algoritmit ottavat huomioon kapasiteettien rajoitteet ja sovittavat valmistuksen rajoitteiden mukaan tilaukset tuotantoon mahdollisimman vähäisillä toimituspäivien ylityksillä. Näitä algoritmeja voidaan myös kehittää ratkaisemaan monimutkaisempia aikataulutusingelmia. Tällaisia aikataulutusingelmia ovat muun muassa tietyn kriteerin, kuten läpimenoajan minimoinnin tai kuormituksen tasaamisen pohjalta tehty aikataulun optimointi. (Tenhiälä, 2011)

Mitkään edellä mainituista kapasiteetin hallintamenetelmistä eivät kuitenkaan ole täysin toisiaan poissulkevia ja niitä voidaan käyttää samanaikaisesti eri tarkoituksiin. Esimerkiksi tehtaanjohtaja voi RCCP:n avulla arvioida myyntisuunnitelmia, tuotantopäällikkö voi CRP:n avulla valvoa prosesseja samalla kun tuotannonsuunnittelija käyttää hienokuormitusmenetelmiä tuotannon pullonkaulan ohjaamiseksi. Kaikki kehittyneemmät suunnittelumenetelmät tähtäävät ongelmien sekä virheiden minimointiin suunnittelussa, joten niillä pitäisi saada hyötyä tuotannon toimintaan. Mikäli näin ei ole, on niiden käyttö joko turhaa tai niitä käytetään väärin. (Tenhiälä, 2011)

2.3 Kapasiteetinhallintamenetelmien soveltuvuus eri tuotantotapoihin ja -ympäristöihin

Edellisessä kappaleessa esiteltyt kapasiteetinhallintamenetelmät antavat tuloksina tarkkuuksiltaan hyvin erilaisia tuloksia ja niitä voidaan käyttää samanaikaisesti saman tuotantolinjan seurantaan, mutta kaikki näistä menetelmistä eivät kuitenkaan sovellu kaikkien tuotantolinjojen kapasiteetinhallintaan. Kapasiteetinhallintamenetelmät antavat hyvinkin tarkkoja tuloksia, mutta mikäli näitä tuloksia ei voida hyödyntää, on menetelmien käyttö aivan turhaa. Tässä kappaleessa käsitellään kapasiteetinhallintamenetelmien soveltuvuutta eri tuotantoympäristöihin.

	Job shop	Batch process	Batch process with bottleneck control	Production line
Process complexity 	 Planning points = 1	 Planning points > 1	 Planning points = 1	 Planning points = 1
Task interdependence	Pooled	Reciprocal	Sequential around the bottleneck	Sequential
Non-systematic capacity planning	Not recommendable for any environment due to high exposure to human error and variance in planners' personal competences			
Rough-cut capacity planning (RCCP)	Fit	Unfit due to insufficient precision		
Capacity requirements planning (CRP)	Unfit because the high variety of outputs makes the maintenance of planning parameters very difficult	Fit	Unfit because calculating loads for all resources is not necessary and more precise methods are possible	
Finite loading with capacity leveling		Unfit because the subject of finite loading is not stationary	Fit	
Finite loading with optimization				

Kuva 1 Tuotantotapojen sekä kapasiteetti suunnittelun yhteys [Tenhiälä, 2011]

Kuvassa 1 on jaoteltu edellä esitellyt kapasiteettihallinnan eri työkalut niiden soveltuvuuden perusteella erilaisiin tuotantotapoihin. Jaottelun perustana on käytetty sekä tuotantotavan prosessin monimutkaisuutta että tuotannossa tapahtuvaa toistuvuutta. Sarjatuotannossa käytettävät tuotantolinjat ovat tuotannon vaiheiden peräkkäisyydestä johtuen prosessien monimutkaisuuden kannalta yksinkertaisia ja toistuvuus niissä on erittäin suurta. Toisaalta konepajoissa vaiheiden toistuvuus on minimaalista ja työvaiheketjujen monimutkaisuus on suurta. Nämä kaksi tuotantotapaa muodostavat siis spektrin päät, joiden väliin jää vielä sarjatuotanto sekä sarjatuotanto pullonkaulalla, kuten kuvassa 1 on esitetty. (Tenhiälä, 2011)

Tuotantotyyppien sekä kapasiteettihallinnan työkalujen yhteys voidaan selittää myös vaiheiden keskinäisten riippuvuussuhteiden avulla. Vaihtoehtoiset tyypit keskinäisille riippuvuussuhteille ovat keskitetty, molemminpuolinen sekä peräkkäinen. Kuvassa 1 nämä on esitetty prosessin monimutkaisuutta kuvaavien kuvaajien alla ja ne havainnollistavat hyvin mitä tällä tarkoitetaan. Konepajatuotannossa tuotannon vaiheet usein keskittyvät yhden resurssin ympärille (esim.monitoimisorvi), kuten kuvassa 2 on esitetty. Tuotantolinjat taas ovat malliesimerkki vaiheiden peräkkäisyydestä, kun taas

sarja- tai erätuotannossa vaiheet voivat mennä ristiin monessakin tuotannon vaiheessa. Keskitetyt sekä peräkkäiset prosessit ovat helpoimpia järjestää, mutta niiden suunnittelussa on kuitenkin suuria eroja johtuen niiden erilaisesta luonteesta. Keskitetyt prosessit ovat luonnostaan erittäin joustavia, kun taas vaiheiden peräkkäisyys helpottaa prosessin tehokkaan käytön suunnittelua. Tuotannon joustavuutta ei tulisi rajoittaa liian kireällä suunnittelulla, kun taas peräkkäisten prosessien tehokkuutta voidaan tehostaa tarkalla suunnittelulla. Molemmipuolisten prosessien hallinta ja järjestäminen on kaikkein hankalinta, sillä minkä vaan resurssin aikataulumuutokset vaikuttavat useiden muiden resurssien toimintaan. Kun ennakointi on vaikeaa ja pienetkin muutokset yhdessä resurssissa muuttavat koko prosessin kulkua, tekee se suunnittelusta erittäin haastavaa. (Tenhiälä, 2011)

Kuvan 2 perusteella voidaan todeta, että kaikille kapasiteetinsuunnittelutyökaluille on oma käyttökohteensa, eikä kehittyneempi työkalu aina tarkoita parempia tuloksia tuotannon kapasiteetinsuunnittelussa. Keskitetyissä prosesseissa, joiden yksi voimavara on joustavuus, liian tarkalla ja kehittyneellä kapasiteetinhallinnalla sekoitetaan tuotantoa sekä madalletaan sen joustavuutta. Tästä syystä RCCP on sopiva työkalu tämänkaltaiseen ympäristöön. Erä- ja sarjatuotantoon, jossa tuotannon vaiheet menevät useasti ristiin, soveltuu parhaiten CRP. Tämä siitä syystä, että liian löysä kapasiteetinhallinta ei anna todellista tilannetta tuotannosta ja kehittyneemmät kapasiteetinhallintamenetelmät taas ovat äärettömän työläitä ja antavat epätarkkoja tuloksia ympäristössä, jossa suunnittelupisteitä on useita. Linjatuotantoon sekä erä- ja sarjatuotantoon pullonkaulalla soveltuvat taas parhaiten kehittyneet kapasiteetinhallinta menetelmät. Tämä johtuu siitä, että näissä ympäristöissä vaiheiden peräkkäisyys tekee suunnittelusta helpompaa ja mahdollistaa tarkempien suunnitelmien tekemisen toistuvuutensa ansiosta. (Tenhiälä, 2011)

Kuvassa 2 esitetty ja edellä kuvattu jako kapasiteetinhallinnan sekä tuotantomenetelmien välillä ei kuitenkaan ole aina näin selkeä. Tuotantomenetelmien lisäksi kapasiteetinhallintaan ja sen tarkkuuteen vaikuttaa oleellisesti myös tuotantoympäristö ja ennen kaikkea sen altistuminen vaihtelulle. Esimerkiksi MTO ja

ATO -tuotantoihin vaikuttaa MTS -tuotantoa paljon suurempi kysynnän vaihtelu sekä myös tulevaisuusnäkyvien heikko näkyvyys sekä ennustettavuus. Tämän lisäksi MTO- ja ATO -ympäristöissä työskentelevät yritykset eivät voi käyttää MTS -ympäristöön suunniteltuja kapasiteetinhallinta menetelmiä, kuten esimerkiksi tuotantotahdin tasoittamista tai valmiiden tuotteiden varastotasojen avulla tulevaisuuden kysynnän vaihteluihin varautumista. (Maruchek & McClelland, 1992)

ATO -tuotantoympäristö altistuu monille tuotannon ja kapasiteetinhallinnan kannalta monimutkaisille ja vaikeasti lähestyttävälle ongelmille. MTO- ja ATO -tuotantoympäristössä toimivat yritykset kohtaavat ongelmia, jotka tekevät kapasiteetinhallinnasta monimutkaisempaa, kuin MTS -ympäristössä toimivan yrityksen kapasiteetinhallinta on. Näitä ongelmia aiheuttavat tässä ympäristössä olevat epävarmuustekijät ja tuotannolliset vaatimukset, joita ei voida mitenkään välttää, mutta jotka ovat toiminnan kannalta erittäin tärkeitä. Näin ollen voidaan sanoa, että MTO- sekä ATO -ympäristössä toimivat yritykset joutuvat kohtaamaan enemmän strategisia päätöksiä vaativia ongelmia kapasiteetinhallinnan saavuttamiseksi. Näitä ongelmia aiheuttavat mm. seuraavat seikat: (Maruchek & McClelland, 1992)

- Kysynnän suuri vaihtelu laajan tuotevalikoiman sisällä
- Pienemmät tuotantomäärät
- Kykenemättömyys pitää lopputuotteiden tai keskeneräisen tuotannon varastoja puskuroimaan kysynnän vaihtelua
- Korkea palvelutaso, jonka seurauksena tuotteiden toimitusajat ovat lyhempiä kuin kokoonpanotuotannon vaiheajojen summa

Kysynnän vaihtelulla on erittäin suuri vaikutus yrityksen tuotannon tehokkuuteen ja kapasiteetinhallinnan mahdollisuuksiin. Erittäin suurta kysynnän vaihtelua kohtaava yritys ei pysty ainoastaan kapasiteetinhallinnan sekä ylimääräisen kapasiteetin varalla pitämisen avulla saavuttamaan samaa tuotannon tehokkuutta kuin tasaisemman kysynnän kohtaava yritys. Tällöin vaaditaan muitakin toimia ja strategisia päätöksiä kapasiteetinhallinnan tueksi, jotta tuotannon tehokkuutta voitaisiin parantaa. (Maruchek A., McClelland M. 1992)

2.3.1 Kapasiteetin käyttöaste

Kapasiteetin käyttöasteella ja sen valinnalla on suuret vaikutukset kapasiteetinhallintamenetelmien avulla tehtävien suunnitelmien paikkansapitävyyteen sekä tarkkuuteen. Todellista ja tarkkaa kapasiteetin käyttöastetta on kuitenkin erittäin vaikea mitata varsinkin työvoiman käytön yhteydessä ja usein laskennallisina arvoina käytetään 88 -92 % suuruista kapasiteetin käyttöastetta. Karmarkar et al. (1987) sanookin tutkimuksessaan, että 100 % kapasiteetin käyttöasteen saavutettavuus on erittäin kyseenalaista, sillä lähestyttäessä 100 % rajaa, pitkät jonot sekä linjan ruuhkautuminen aiheuttavat sekä keskeneräisen tuotannon kasvua että läpimenoaikojen kasvua. Nämä puolestaan vaikuttavat negatiivisesti tuotannon tehokkuuteen ja niin myös kapasiteetin käyttöasteeseen. (Maruchek & McClelland, 1992)

Maruchek sekä McClelland (1992) suorittivat simulaatiokokeita eri kapasiteetin käyttöasteilla ATO -ympäristössä mallinnetulle yritykselle. Simuloinneissaan he suorittivat samat mallinnukset yhdeksällä eri kapasiteetin käyttöasteella, alkaen 50 %:sta aina 98 %:iin asti. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että kaikki tuotannon tehokkuutta mittaavat mittarit, joita tässä tutkimuksessa olivat ajallaan toimitettavat tilaukset, KET sekä läpimenoaika, huononivat kapasiteetin käyttöasteen kasvaessa. Muutokset olivat kuitenkin lähes olemattomia ja merkityksettömiä, kun kapasiteetin käyttöaste oli suhteellisen pieni (50 % - 80 %). Tämän rajan ylittävät kapasiteetin käyttöasteet heikensivät tuotannon tehokkuuden mittareita eksponentiaalisesti ja erityisen merkityksellistä alenemista esiintyi kapasiteetin käyttöasteen ollessa erittäin korkea (95-98 %). (Maruchek & McClelland, 1992)

Tutkimuksesta käy myös ilmi, että ATO -ympäristössä toimiva yritys, joka kohtaa erittäin suurta vaihtelua kysynnässään, ei pysty ainoastaan ylimääräistä kapasiteettia varaamalla varautumaan kysynnän vaihteluun. Tähän yritys tarvitsee myös muita strategisia päätöksiä, joita voivat olla esimerkiksi puskuriaikojen lisääminen asiakkaiden toimitusaikoihin, mahdollisten puskurivarastojen ylläpito tai ennustettavuuden parantaminen. (Maruchek & McClelland, 1992)

3. Tuotannonohjaus

Tässä luvussa esitellään tuotannonohjauksen pääperiaatteet sekä käydään läpi tunnetuimmat tuotannonohjausfilosofiat. Tämän lisäksi käsitellään näiden erilaisten tuotannonohjausfilosofioiden eroavaisuuksia sekä niiden soveltuvuutta erilaisiin tuotantoympäristöihin. Lopuksi pyritään vielä liittämään tuotannonohjauksen tavoitteet yrityksen toimintaan ja sen kehittämiseen.

3.1 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjauksella tarkoitetaan kaikkea sitä toimintaa, joka ohjaa tuotantotoiminnan jokapäiväistä kulkua. Tuotanto on moniulotteinen kokonaisuus, jossa tapahtuu päivittäin useita osatoimintoja sekä tehtäviä, jotka yhdessä vaikuttavat kokonaisuuden toimintaan. Tuotannonohjaus on näiden eri toimintojen sekä tehtävien ohjausta, suunnittelua, päätöksentekoa sekä valvontaa. Tuotannonohjaus pyrkii hallitsemaan tuotannon muodostavaa kokonaisuutta siten, että se ohjaa yksittäisiä toimintoja kokonaisuuden kannalta parhaalla mahdollisella tavalla. (Haverila et al. 1993)

Tuotannonohjaus ei kuitenkaan ole yksittäinen erillinen kokonaisuus, vaan siihen liittyvä päätöksenteko sekä suunnittelutoimet tapahtuvat organisaation eri osissa, jotka yhdessä muodostavat tuotannonohjauksen toiminnan vaatimat päätökset. Tuotannonohjaus vaatii toimiakseen yleiset yrityksen tasolla suunnitellut periaatteet, joiden avulla määritetään kaikille tuotannonohjaukseen osallistuville tahoille samat pelisäännöt. Tällöin tuotannonohjauksen eri toimet tukevat kaikki samaa päämäärää ja tuotannonohjaus on suunnitelmallista ja päämäärätietoista. (Haverila et al. 1993)

3.2 TPS tuotantofilosofia

Toyota Productions System eli TPS on Taiichi Ohnon Toyotalle suunnittelema tuotannonohjausfilosofia. Toisinaan Just-In-Time (JIT) – tai Kanban systeeminä tunnettu tuotannonohjaus menetelmä luotiin tarpeeseen, joka oli syntynyt autoteollisuuden muutosten yhteydessä Japanilaisille autovalmistajille. Erityisesti toisen maailmansodan jälkeen markkinat vaativat japanilaisilta autonvalmistajilta pieniä määriä useita eri tuotteita pienellä kysynnällä, kun aiemmin tuotteita voitiin valmistaa

suurissa sarjoissa. Perimmäisin idea Toyotan systeemissä on tehokkuuden parantaminen kaikenlaisen hukan ja turhan työn poistamisella. Tämä periaate samoin kuin yhtäläisen tärkeä ihmisten ja työmiesten kunnioittaminen ovat olleet yhtiön toiminnan pohjana yhtiön perustajan Toyoda Sakichin (1876-1930) ajoista lähtien. (Ohno 1988)

TPS:n kehitys alkoi heti toisen maailmansodan jälkeen, joskin se sai enemmän huomiota vasta 1973 sattuneen öljykriisin aikoihin, jolloin muutkin japanilaiset valmistajat huomasivat Toyotan saavuttamat tulokset. Ennen öljykriisiä japanilaiset yhtiöt olivat tottuneet suuriin kasvulukuihin ja vasta kun heidän piti tottua nollakasvuun tai tuotannon supistamiseen, ymmärsivät he turhan työn sekä kaikenlaisen hukan poistamisen avulla saavutettavat hyödyt. Tämän jälkeen useat japanilaiset toimijat ottivat käyttöönsä Toyotan esittelemän toimintamallin. TPS:n luoja Taiichi Ohno sanoi TPS:n olevan enemmän kuin vain tuotantosysteemi, hän sanoi sen olevan johtamistyökalu, joka näyttää toimivuutensa globaalin markkinatalouden muuttuvassa ympäristössä, jossa kehittyneet informaatiojärjestelmät valtaavat alaa. (Ohno 1988)

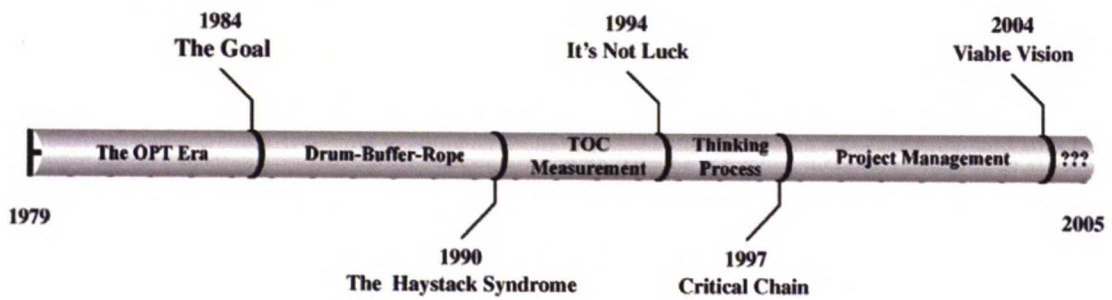
JIT:in peruseriaatteisiin kuuluu kaiken turhan työn ja kannattamattomien toimien karsiminen tuotannosta. Lisäksi JIT:in perusteisiin kuuluu oleellisesti jatkuvan parantamisen mallin jalkauttaminen tuotantoon sekä monitaitoisten sekä osaavien työntekijöiden kouluttaminen ja heidän tietotaitonsa käyttäminen tuotannon parantamiseen ja valvomiseen. Yksinkertaisimmillaan JIT tuotanto pyrkii valmistamaan ainoastaan tilausten perusteella, ja näin ollen alhaiset keskeneräisen työn määrät ovat tyypillisiä JIT:in periaatteita käyttävissä tuotannoissa. Tähän liittyen yksi TPS:n ja JIT:n peruseriaatteista onkin niin sanottu imuohjaus, jonka avulla tilaukset ohjaavat tuotannon tahtia imemällä tuotteet tuotannon läpi ainoastaan tarpeen mukaan. Tähän Toyota kehitti Kanban – järjestelmän, jonka avulla varmistetaan, ettei osia ja tuotteita valmisteta ilman tarvetta missään vaiheessa tuotantoa. On kuitenkin hyvä muistaa, että Kanban – järjestelmä toimii parhaiten suurten volyymien sarjatuotannossa ja se on vain yksi tapa JIT tuotantofilosofian implementoinnissa. (Enkawa & Schvaneveldt 2007)

JIT tuotantofilosofian toimintojen kattavuus on kuitenkin hyvin laaja ja sen ominaisuuksia sekä keskeisiä elementtejä on erittäin paljon. Yhteistä ja selkeää kuvaa

tärkeimmistä ja JIT tuotantofilosofiaa kuvaavista ominaisuuksista on vaikea löytää. Laajan kirjallisuustutkimuksen seurauksena Chen & Tan (2011) esittävät kirjallisuudessa yleisimmin esiintyvät kymmenen JIT tuotantofilosofialle olennaista elementtiä. Nämä ovat: asetusajkojen minimointi, pienet eräkoot, laadun valvonta, JIT ostotoiminta, JIT tuotannon layout, Total Productive Maintenance (TPM) eli kunnossapito ohjelma estämään koneiden rikkoutumisesta aiheutuvaa tehotonta aikaa, Kanban ohjaussysteemi, tuotantovirran tasaaminen (level scheduling), 5S menetelmä siisteyden ja järjestyksen ylläpitoon sekä monitaitoinen ja osaava työvoima. Nämä edellä kuvatut kymmenen asiaa ovat oleellisena osana JIT tuotantofilosofiaa ja vaikka niitä usein painotetaan eri tavalla, ovat ne kaikki kuitenkin yleisesti hyväksyttyjä elementtejä tässä tuotantofilosofiassa. (Chen & Tan 2011)

3.3 TOC tuotantofilosofia

Theory of constraints eli TOC on saanut alkunsa 1970 luvulla kehitetystä Optimized Production Timetables aikataulutus ohjelmistosta. Tämän jälkeen OPT:stä on kehittynyt tuotannonohjausfilosofia ja johtamistyökalu, joka pitää sisällään ongelmanratkaisutyökaluja ja ajatusmalleja tuotannonohjaamisen tueksi. TOC ulottuu tällä hetkellä kolmelle eri alueelle: logistiikkaan ja valmistukseen, tehokkuuden mittareihin sekä ongelmanratkaisu ja ajatusmalleihin. TOC perustuu vuonna 1984 ilmestyneeseen kirjaan The Goal, jossa Goldratt sekä Cox esittelevät TOC:n peruselementit novelliin kirjoitetun tarinan avulla. Tämän jälkeen Dr. Eliyahu M. Goldratt on useiden muiden kirjojen avulla sekä selventänyt, että laajentanut TOC:n näkemyksiä koskemaan laajempaa kokonaisuutta. Kuvassa 2 on esitetty TOC:n kehityksen eri vaiheet ja kehityksen kannalta suurimmat askeleet. (Watson et al. 2007)



Kuva 2 TOC tuotantofilosofian kehityshistoria (Watson et al. 2007)

Vuonna 1984 ilmestyneessä kirjassa *The Goal*, on esitetty TOC:n perusperiaatteet sekä viiden vaiheen suunnitelma näiden periaatteiden implementointiin ja Drum-buffer-rope (DBR) ohjausmenetelmä. Five focusing steps (5FS) on jatkuva prosessi, jonka avulla TOC:n periaatteet voidaan ottaa käyttöön. Nämä viisi askelta on esitetty kuvassa 8, jossa on myös esitetty TOC:n muodostama yhteys tuotannon mittareiden sekä yhtiön tavoitteen välille. (Watson et al. 2007)

TOC:n perusideana on selventää ja antaa ajatusmalleja sekä toimintatapoja tuotannonohjaukseen, joiden avulla yrityksen pääasiallinen tavoite toteutuu. Kirjoissaan Goldratt painottaa sitä, että usein tuotannon tasolla tehtävät päätökset ja ohjaustoimet eivät tue yrityksen tavoitetta ja näin ollen ovat väärän suuntaisia ja vievät toimintatapoja kauemmas yritykselle tuottavista menetelmistä. Kirjassaan *The Goal* hän useaan otteeseen ottaa esimerkkejä vääränlaisista tuotannon tehokkuuden mittareista, jotka voivat alkaa ohjata tuotantoa täysin väärään suuntaan sekä ajaa yrityksen kannattavuutta alas. TOC:n perusperiaatteena on siis tuoda yrityksen tavoitteen, eli rahan tekemisen, tueksi mittareita ja toimintatapoja, jotka ohjaavat tuotantoa tätä tavoitetta kohti. Kuvassa 8 on esitetty Goldrattin esittelemät kolme tuotannon tason mittaria sekä niiden yhteys yrityksen tavoitteeseen. Näitä mittareita käyttämällä tulisi tuotannon ohjautua aina kohti yrityksen tavoitetta ja näin ollen tuotannon tasolla voidaan tehdä oikeita päätöksiä peilaamalla päätösten vaikutuksia näihin mittareihin. (Goldratt & Cox 1989)

TOC ajatusmallin pohjana toimii ajatus siitä, että kaikissa tuotannoissa on ainakin yksi pullonkaulana toimiva operaatio. Tämä tarkoittaa sitä, että jonkin tuotannon peräkkäisistä vaiheista on aina oltava hitain ja sitä kautta tuotannon rajoittava vaihe.

Tällöin tämä vaihe on pullonkaula ja sen kapasiteetti on koko peräkkäisistä työvaiheista koostuvan tuotantolinjan maksimi kapasiteetti. Tästä syystä parantaakseen tuotantoaan, yrityksen täytyy hallita ja kehittää nimenomaan sen pullonkaulaa. Goldratin kuvaamat viisi askelta tämän ajatusmallin viemiseen käytännön tasolle muodostavat jatkuvan parantamisen mallin, joka ensimmäisenä vaiheenaan pyrkii aina tunnistamaan tuotannon pullonkaulan. Tämän jälkeen pyritään ilman investointeja maksimoimaan ja parantamaan pullonkaulan tehokkuutta koko tuotantolinjan tehokkuuden parantamiseksi. Kolmannessa vaiheessa kaikki muut vaiheet alistetaan pullonkaulana toimivan resurssin tuotantotahtiin, jotta vältetään tuotantolinjan ruuhkautumiselta sekä liian suuren keskeneräisen tuotannon määrältä. Neljännessä vaiheessa pyritään edelleen parantamaan pullonkaulan tehokkuutta ja tuhoamaan pullonkaula tästä vaiheesta tuotantoa. Viimeisenä vaiheena tarkastellaan tuloksia, ja mikäli pullonkaula on saatu purettua, aloitetaan jälleen sama kierto alusta. (Enkawa & Schvaneveldt 2007)

Vaikka yllä esitelty TOC:n viisi kehitysaskelta ovat hyvin samantyyppiset JIT tuotantofilosofian jatkuvan parantamisen mallin kanssa, on niissä kuitenkin muutama selvä ero. Ensimmäisenä erona on tuotannon rajoitteen tai pullonkaulan määrittäminen ja sitä kautta parantamisen kohteen selvä määräytyminen. JIT:in pääasiallinen tavoite on varastotasojen minimointi, kun taas TOC:n perustana oleva ajatus on ohjata tuotantoa yhtiön tavoitetta kohti lyhentämällä läpimenoaikaa, pienentämällä kustannuksia sekä vähentämällä varastotasoja. Näin ollen TOC:n tavoitteena ei ole varastotasojen alentaminen, vaan se on yksi tavoista ohjata tuotantoa kohti sen oikeaa päämäärää. Tämän lisäksi pullonkaulan kehittäminen voi tarkoittaa myös tuotannon ulkopuolisten asioiden parantamista, mikäli ne ovat tuotannon rajoittavana tekijänä. Pullonkaula ei aina välttämättä ole tuotannon sisällä, vaan se voi olla esim. johtamistapa tai markkinoiden toiminta. (Enkawa & Schvaneveldt 2007)

Toinen ratkaiseva eroavuus JIT:in sekä TOC:n välillä on kehityspyrkimysten fokus. Kun JIT pyrkii muuttamaan tuotantosysteemiä parantaakseen sitä, TOC pyrkii ennen kaikkea pohtimaan vaihtoehtoja tuotannon tuloksen parantamiseksi pullonkaulan tehokkaammalla käytöllä sellaisenaan kuin se sillä hetkellä on. Yhteenvedona voidaan

todeta, että TOC helpottaa selventämään parantamisen tavoitetta ja identifioimaan missä parannusta tarvitaan, jotta saadaan suurimmat taloudelliset hyödyt yritykselle. (Enkawa & Schvaneveldt 2007)

3.4 Tuotantoympäristön vaikutukset tuotannonohjaukseen

Kaksi kuuluisinta sekä menestyksekkäintä tuotantofilosofiaa ovat Henry Fordin luoma flow line tuotantolinja sekä Taiichi Ohnon luoma Toyota Production System (TPS). Nämä molemmat tuotantofilosofiat olivat omana aikanaan urauurtavia ja niiden pohjalta on luotu monia muita tuotannonohjaus menetelmiä, kuten hyvin laajalle levinnyt Lean tuotantofilosofia. Ford kehitti massatuotannon aivan uudelle tasolle keskittymällä parantamaan läpimenoaikoja, joissa hän onnistuikin paremmin kuin mikään autonvalmistaja ennen häntä tai hänen jälkeensä. Ford menestyi tavoitteessaan niin hyvin, että vuonna 1926 auton läpimenoaika, siitä kun rauta louhittiin siihen kun auto oli valmiina junassa, oli 80h. (Goldratt 2009)

Ohno puolestaan otti Fordin luoman mallin ja sovelsi sitä ympäristöön, johon sitä ei oltu suunniteltu ja johon sen ei ajateltu taipuvan. Fordin luoma tuotantolinja ja sen koneet olivat kehitetty yhden tuotteen tuottamiseen, kun taas Toyota kohtasi markkinat, jotka vaativat useita eri tuotteita. Kaikesta huolimatta Ohno onnistui tavoitteessaan ja onnistui luomaan Fordin tuotantolinjan pohjalta tuotantolinjan mallin, joka soveltui hyvin useampien tuotteiden valmistukseen, ja josta tuli Toyotan menestyksen avain. Vaikka näissä kahdessa tuotantofilosofia mallissa onkin paljon eroavaisuuksia, pitkälti johtuen niiden rakentamisesta erilaiseen ympäristöön, voi niiden pohjalta löytää samat perusperiaatteet, joihin molemmat mallit nojaavat. Näitä periaatteita voidaan käyttää hyväksi suunniteltaessa tiettyyn ympäristöön sopivaa järjestelmää. (Goldratt 2009), (Loyd 2002)

Sekä Ford että Ohno molemmat ymmärsivät, että kaikkien resurssien jatkuva kuormittaminen ei tee tuotannosta tehokasta vaan päinvastoin, tehokkaan tuotannon saavuttamiseksi on hylättävä paikallisen tuottavuuden maksimointi. Vaikka Fordin luoma massatuotannon tuotantolinja, jonka laitteet ja solut ovat kehitetty ainoastaan yhden tuotteen tuottamiseen, sekä Ohnon TPS:n tuotantolinja, jossa tuotetaan useita eri

tuotteita pienemmissä erissä, ovat hyvin erilaisia ja sopivat erilaisiin ympäristöihin, on niillä yhteiset fundamentalistiset periaatteet, joiden pohjalta molemmat filosofiat rakentuvat. Ohno rakensi TPS:n samojen periaatteiden pohjalta kun mitä Ford oli aiemmin tehnyt ja sovelsi niitä eri ympäristöön tehokkaasti. Tämä onnistui sen takia, että Ohno ei vain kopioinut Fordin yksittäisiä ratkaisuja hänen tuotantolinjastaan, vaan otti Fordin luomat perusperiaatteet ja loi niiden pohjalta Toyotan ympäristöön soveltuvan ratkaisun. (Taylor 2002), (Goldratt 2009)

Goldratt (2009) löytää Fordin sekä Ohnon luomista tuotantofilosofioista neljä samaa perusperiaatetta, joiden pohjalle molemmat tuotantofilosofiat menestyksekkäästi perustuvat. Nämä neljä periaatetta ovat: (Goldratt 2009)

- Tuotantovirran (läpimenoajan) parantaminen on tuotannon pääasiallinen tehtävä.
- Tämä pääasiallinen tehtävä tulee luoda käytännölliseksi mekanismiksi, joka ohjaa tuotantoa milloin **ei tule valmistaa** (estetään ylituotanto). Ford käytti tilaa, Ohno käytti varastoa.
- Paikalliset tehokkuudet tulee hylätä.
- Tuotannon tasapainottamisen kehittämiseksi tulee olla siihen keskitetty prosessi. Ford käytti visuaalisuutta. Ohno käytti varastoitavien osien tilan asteittaista vähentämistä.

Kuten hyvin käy ilmi Ohnon lähestymisestä Fordin tuotantofilosofiaa luodessaan TPS:ää, tuotantofilosofioiden konseptit ja ajatukset ovat yleisiä, mutta niiden sovellukset ovat ominaisia suunnitellulle ympäristölle. Jokainen sovellus tietylle ympäristölle tekee omat oletuksensa kyseisestä ympäristöstä. Tästä syystä ei voida olettaa näiden sovellusten toimivan ympäristöissä, joissa niiden tekemät oletukset eivät päde. Tämän takia voidaan nähdä hyvienkin ajatusten ja tuotantofilosofioiden tuottavan huonoja tuloksia, jos niitä sovelletaan ympäristöön, joihin niitä ei ole suunniteltu ja jossa niiden asettamat oletukset eivät päde. On siis hyvin tärkeää ymmärtää eri sovellusten asettamat oletukset ennen kuin niitä sovelletaan johonkin tiettyyn toimintaympäristöön. (Cook, 1994)

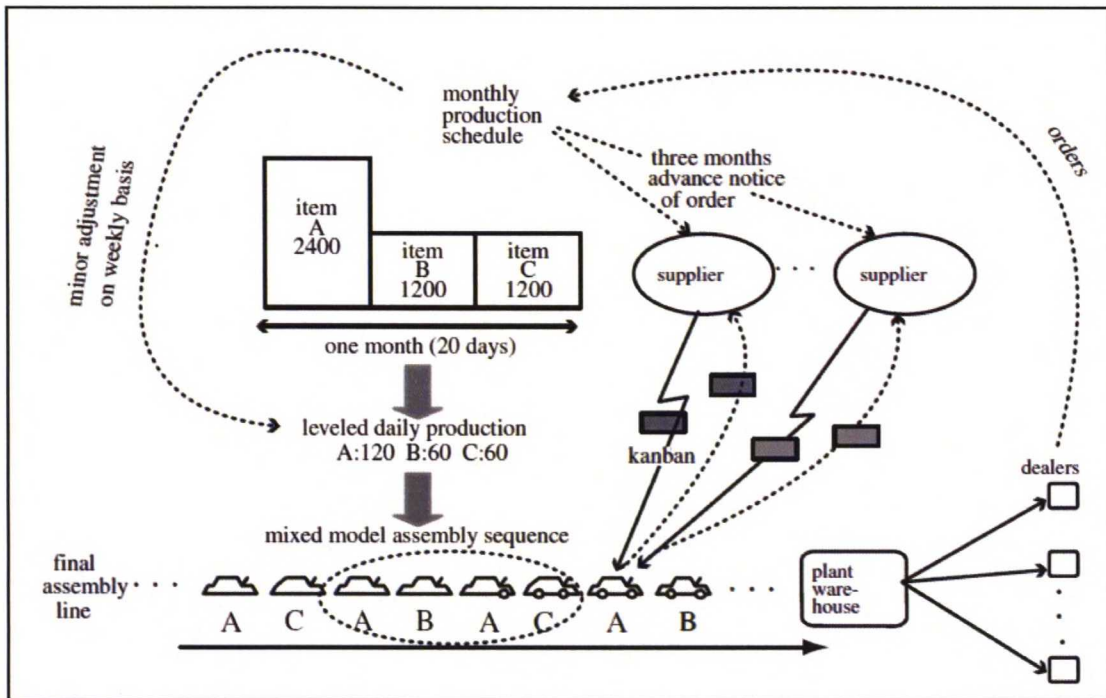
3.4.1 Materiaalin vapauttaminen

Sekä TPS:n että Fordin periaatteisiin kuuluu materiaalin vapauttamisen rajoittaminen, jotta pääasiallinen tavoite eli läpimenoajan minimointi onnistuu. Ford käytti rajoittavana tekijänä työpisteiden välistä tilaa ja Ohno käytti välivarastojen määrää. Tämä tarkoittaa sitä, että mikä vaan työpiste voi pysähtymisellään aiheuttaa koko linjan seisahtumisen. Tilan tai välivaraston rajoitteiden takia sitä edeltävät työpisteet eivät voi tuottaa mitään ja sen jälkeiset työpisteet taas jäävät ilman materiaalia, jos yksi työpiste jostakin syystä lakkaa toimimasta. Tämäntapaiset järjestelmät vaativat siis toimiakseen hyvin stabiilin ympäristön. Fordin yhden tuotteen linjassa sen stabiliteetin vaatimukset ovat aika selvät, mutta toisinaan TPS:n asettamat vaatimukset stabiliteetille voivat jäädä hieman hämärän peittoon. Seuraavaksi on käsitelty TPS systeemin stabiliteettivaatimuksia ympäristönsä suhteen. (Goldratt 2009)

TPS vaatii toimiakseen stabiilia ympäristöä kolmelta eri näkökantilta. Ensiksi se vaatii ympäristön, jossa tuotteen elinkaari on suhteellisen pitkä, eivätkä tuotteet ja prosessit muutu jatkuvasti. Tämä vaatimus ei täyty mm. elektroniikkateollisuudessa, jossa tuotteiden elinkaaret voivat olla jopa alle puoli vuotta. Toinen vakautta vaativa asia on tuotteiden kysyntä ajan suhteen. Tuotteiden kysynnän tulee olla suhteellisen tasaista tietyn ajan kuluessa, jotta sen osia kannattaa varastoida kaikkien työpisteiden väliin. Ajatellaanpa tilannetta, jossa tuotteen läpimenoaika on kaksi viikkoa mutta tuotteen kysyntä on hajanaista ja sen kysyntä on yksi kappale vuosineljänneksellä. Tällöin se on vuosineljänneksellä keskeneräisenä tuotantona keskimäärin kaksi viikkoa. Tämä ei kuitenkaan päde TPS:ää soveltavassa ympäristössä, joka vaatii kaikille tuotteille välivarastoja työsolujen välissä. (Goldratt 2009)

Kaikkein suurin TPS:n vaatimus vakaudesta on kuitenkin tilausten asettaman kysynnän jakautuminen eri resursseille. Kuvitellaanpa tilannetta, jossa yhden viikon kysyntä kuormittaa työpistettä hieman alle sen kapasiteetin, kun taas seuraavalla viikolla tilaukset kuormittavat sitä hieman sen kapasiteetin yli. TPS:n kanban systeemi, joka estää ennakkoinnin tuotteiden tuottamisessa, aiheuttaisi toisella viikolla myöhästymiä, vaikka kahden viikon keskimääräinen kapasiteetti on ollut oikeaa suuruusluokkaa ja

suhteellisen tasaista. Vaikka Toyota toimii suhteellisen vakaassa ympäristössä, heidänkin tarvitsi säännöstellä tilattavien tuotteiden variaatioita kuukaudesta toiseen, saadakseen tämäntapaisten stabiiliuden tuotantoonsa. Kaikilla aloilla ja kaikki toimijat eivät voi tällä tavalla säädellä tilauksiaan, joka tarkoittaa ettei TPS:n tapa rajoittaa materiaalin vapauttamista toimi näissä ympäristöissä. (Enkawa & Schvaneveldt 2007)



Kuva 3 Tuotantomäärän sekä variaatioiden määrän sopeuttaminen JIT tuotannossa (Enkawa, Schvaneveldt 2007)

Kuvassa 3 on esitetty periaatekuva JIT:in tuotantomäärän sekä variaatioiden sopeuttamisesta tuotantoon sen tasapainottamiseksi. Tulevaisuuden ennusteiden sekä kysynnän mukaan muodostetaan kolmen kuukauden tuotantosuunnitelma, joka jaetaan lähimpien toimittajien kanssa. Tämän jälkeen ”jäädytetään” kuukauden tuotantosuunnitelma sekä muutetaan se päivittäiseksi tuotantosuunnitelmaksi kuvan mukaisesti. Tuotteiden kuukauden kysyntä jaetaan päivittäisiksi tuotantotarpeiksi, jonka jälkeen tuotteiden tuotantojärjestys muokataan siten, että päivittäinen tuotanto olisi mahdollisimman samankaltainen koko kuukauden ajan. Kuvan tapauksessa tuotteiden A, B sekä C kysynnot ovat suhteessa 2:1:1, joten sopiva tuotantojärjestys on silloin ABCA. Tällöin tuotteita ei tuoteta tuoteryhmittäin, vaan edellä mainitussa

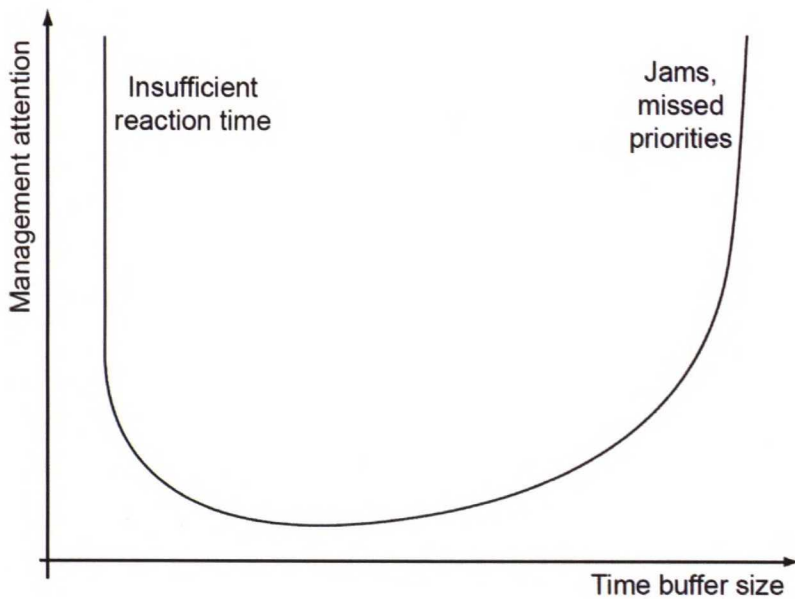
järjestyksessä, jolloin tuotanto pysyy lähes muuttumattomana koko kuukauden ajan. Järjestelmä kestää empiiristen tutkimusten mukaan noin ± 10 % kysynnän vaihtelun tuotteiden viikoittaisessa kysynnässä, mutta ei enempää. (Enkawa & Schvaneveldt 2007)

Edellä kuvatut TPS:n vaatimukset eivät tarkoita sitä, etteikö epävakaisakin ympäristöissä voitaisi käyttää joitakin TPS:n ja myöhemmin Leanin tuomia ideoita ja prosesseja. Esimerkiksi asetusajojen alentamiseen keskitetyt prosessit ovat hyödyllisiä lähes jokaisessa ympäristössä työskenteleville yritykselle. Tämä vain korostaa sitä, miksi erilaisissa ympäristöissä toimivat yritykset tarvitsevat erilaisia ratkaisuja. Ei voida odottaa, että epävakaa ympäristössä toimiva yritys saisi samanlaiset hyödyt TPS järjestelmästä kuin mitä Toyota on siitä aikoinaan saanut. (Goldratt 2009), (Enkawa & Schvaneveldt 2007)

Yksinkertaisin ja intuitiivisin tapa rajoittaa ylituotantoa ei ole kuten Fordin Flow line:ssa tila tai kuten Ohnon mallissa varastomäärät, vaan aika. Mikäli halutaan estää tuotantoa tuottamasta liian aikaisin, ei vapauteta materiaalia liian aikaisin. Yksinkertaisuutensa lisäksi ajan käytöllä materiaalin rajoittamiseksi on toinenkin etu, se ei ole yhtä herkkä muutoksille tuotannon virtauksessa. Tästä syystä se soveltuukin edellä kuvattuja tapoja paremmin epävakaa ympäristössä toimiville yrityksille. (Goldratt 2009)

Kaikissa tuotantoympäristöissä esiintyy jonkin verran vaihtelua eikä sitä voida koskaan täysin sulkea pois. Tästä syystä tuotantoon täytyy sisällyttää aikapuskureita, jotta pienet häiriöt ja poikkeukset eivät pysäytä tuotantoa kokonaan. Pidempien aikapuskureiden avulla saadaan suurempi varmuus tuotannon toimivuudesta ongelmien ja vaihteluiden sattuessa. Kaikki ongelmat, jotka johtuvat vaihtelusta ja johtavat tuotannon pysähtymiseen aikapuskureiden riittämättömyyden takia, vaativat johdon huomiota sekä aikaa. Tästä voidaankin vetää johtopäätös, että pidemmällä aikapuskureilla saavutetaan paljon vähemmällä johdon puuttumisella tuotantoon enemmän ajallaan valmistuvia tuotteita. Tämä pitääkin paikkansa, kun aikapuskurit ovat suhteellisen pieniä. Kun puskureiden koko kasvaa tarpeeksi, tulee mukaan uusi ilmiö, joka vaikuttaa päinvastaisella tavalla tuotantoon. Mitä suurempi aikapuskuri on, sitä aiemmin

materiaali täytyy vapauttaa tuotantoon ja mitä aiemmin materiaali vapautetaan tuotantoon, sitä useampia töitä tehdään samanaikaisesti. Kun materiaalia on tuotannossa liikaa, jonot vaiheiden välillä pidentyvät ja työt ruuhkautuvat. Mitä enemmän linjassa on ruuhkautumista, sitä enemmän tuotteet viettävät aikaansa jonoissa ja sitä enemmän johdon työpanosta sekä aikaa tuotannon ohjaaminen vaatii. Kuvassa 4 edellä kuvatut ilmiöt on esitetty graafisesti ja johdon työpanoksen vaadittu määrä on esitetty aikapuskurin suuruuden funktiona. (Goldratt 2009)

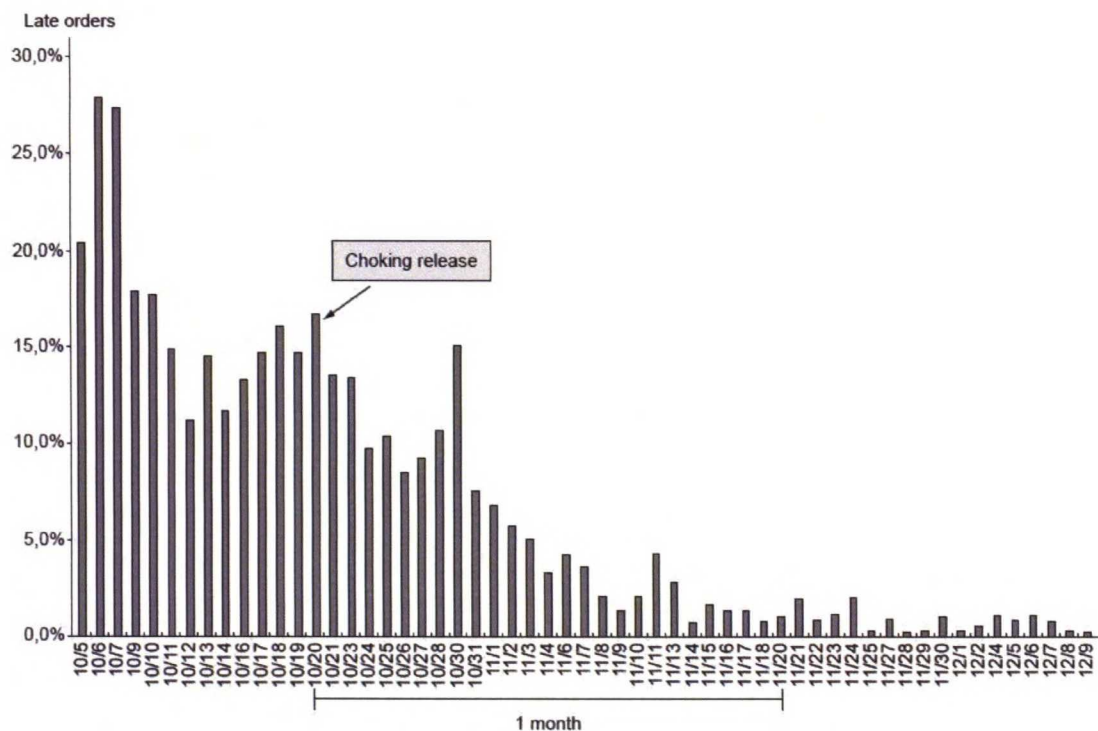


Kuva 4 Suhde vaaditun johdon ajankäytön sekä aikapuskurin välillä (Goldratt, 2009)

Kaikki tuotannon loppuvaiheen työvaiheet, jotka eivät ole pullonkaulana tuotannossa, jäävät jossain vaiheessa ilman työtä. Mikäli ratkaisuna tähän, vapautetaan lisää materiaalia tuotantolinjaan, jonotusajat tuotannossa kasvavat. Tästä seuraa ruuhkautumista ja lopulta vaikuttaa se niin, että jotkut työt eivät tule valmistumaan ajoissa. Tämä taas saa aikaan reaktion vapauttaa materiaalia vieläkin aiemmin. Toisaalta se voidaan tulkita väärin myös siten, että ajatellaan tuotannossa olevan kapasiteettivajasta, koska tuotteita ei saada toimitettua ajallaan. Kumpikin ajatusmalli johtaa kierteeseen, jonka tuloksena tuotanto tukkiutuu ja läpimenoajat kasvavat sekä tuotannon tilan hahmottaminen vaikeutuu huomattavasti. Kun asioista tehdään tämänkaltaisia vääriä johtopäätöksiä, jäävät todelliset ongelmat huomioimatta ja niihin

ei edes yritetä löytää ratkaisua. Näin tehtäessä keskitytään hoitamaan ongelman aiheuttamia oireita eikä itse ongelmaa. (Goldratt 2009), (Cook 1994)

Kun materiaalin vapautumista rajoitetaan oikeaan määrään (ts. kerrotaan milloin ei tuoteta), jonotusaikojen pienentymisestä johtuen läpimenoajat putoavat, jolloin myös toimitustäsmällisyys paranee sekä keskeneräisen tuotannon määrä putoaa. Kuvassa 5 näkyy oikea esimerkki teollisuudesta, jossa toimitustäsmällisyys on saatu dramaattisesti laskemaan vahtimalla materiaalin vapauttamista tuotantoon. Kuvaa tulkitessa tulee kuitenkin pitää mielessä se ympäristö, jossa kyseinen yritys on vaikuttanut. Kuvan yritys valmistaa tuhansia metallisia taloustarvikkeita ja sillä on noin 2000 työntekijää. Yrityksen valmistamien tuotteiden kirjo on siis erittäin laaja ja lisäksi voidaan olettaa tuotteiden touch-timen olevan suhteellisen pieni. Jonojen ollessa suuria ja niiden sisältäessä eri tuotteita on tuotannosta erittäin vaikea nähdä missä myöhästyneet tuotteet makaavat ja näin tuotannon ohjaaminen vaikeutuu huomattavasti. Tällöin materiaalin vapauttamisen rajoittaminen on erittäin toimiva ratkaisu, kuten kuvasta 5 voidaan nähdä. Tästä syystä materiaalin vapauttamisella voidaan saavuttaa tässä ympäristössä näin suuret edut hyvinkin nopeasti. Mainittu esimerkki ei kuitenkaan ole yksittäistapaus ja samankaltaisia tuloksia ovat raportoineet mm. Umble & Umble (2001), Frazier ja Reyes (2000) sekä Umble et al. (2000). (Goldratt 2009)



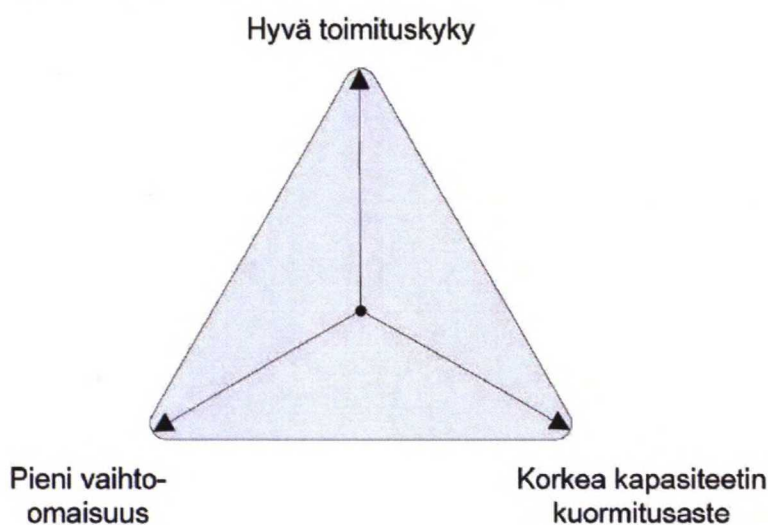
Kuva 5 tuotannon esimerkki materiaalin vapauttamisen tiukentamisesta saatavista hyödyistä (Goldtratt, 2009)

Mikäli yritys saavuttaa edellä kuvatun ja kuvan 5 kaltaisia tuloksia, paranevat sen toimitustäsmällisyyden lisäksi myös sen läpimenoajat ja sillä vapautuu myös kapasiteettia. Tällöin on usein ensimmäisenä ajatuksena kapasiteetin sopeuttaminen tuotannon tarpeisiin ja sitä kautta toivotaan saavutettavan säästöjä. Tämä voi kuitenkin olla suuri virhe, sillä ylimääräisenä kapasiteettina ovat työntekijät. Näin ollen työntekijät, jotka ovat mahdollistaneet muutokset, palkitaan irtisanomisilla. Goldratin (2009) mukaan kaikissa tapauksissa, jossa näin on toimittu, vääjäämättömänä reaktiona on ollut yrityksen tilan huononeminen alkuperäistä alemmalle tasolle. Hänen mukaansa oikea tapa suhtautua paljastuneeseen ylikapasiteettiin on pyrkiä hyödyntämään se, esimerkiksi kehittämällä myyntiorganisaatiota hyödyntämään myynnissään parantunutta suorituskykyä. (Goldratt, 2009)

3.5 Tuotannonohjauksen ja yrityksen tavoitteet

Puhuttaessa voittoa tavoittelevasta tuotannosta ja näin pois lukien virastojen sekä voittoa tavoittelemattomien yhdistysten ja yritysten tavoitteet, yrityksen olemisen perusteena on rahan tekeminen omistajille. Vaikka tämä perusperiaate on useimmille täysin itsestään selvä, sen soveltaminen ja toiminnan ohjaaminen tämän periaatteen mukaan yritysjohtoa alemmilla tasoilla on usein vähintäänkin hataralla pohjalla. Tämä on usein täysin perusteltua ja tuotannon tavoitteiden mittaaminen rahan avulla on vähintäänkin vaikeaa, ellei mahdotonta tietyllä tehtaalla koko yrityksen toimitusketjun läpi. Tästä syystä tehtaille ja tuotannolle asetetaan usein erilaisia tavoitteita, joita mittaamalla tuotantoa ohjataan.

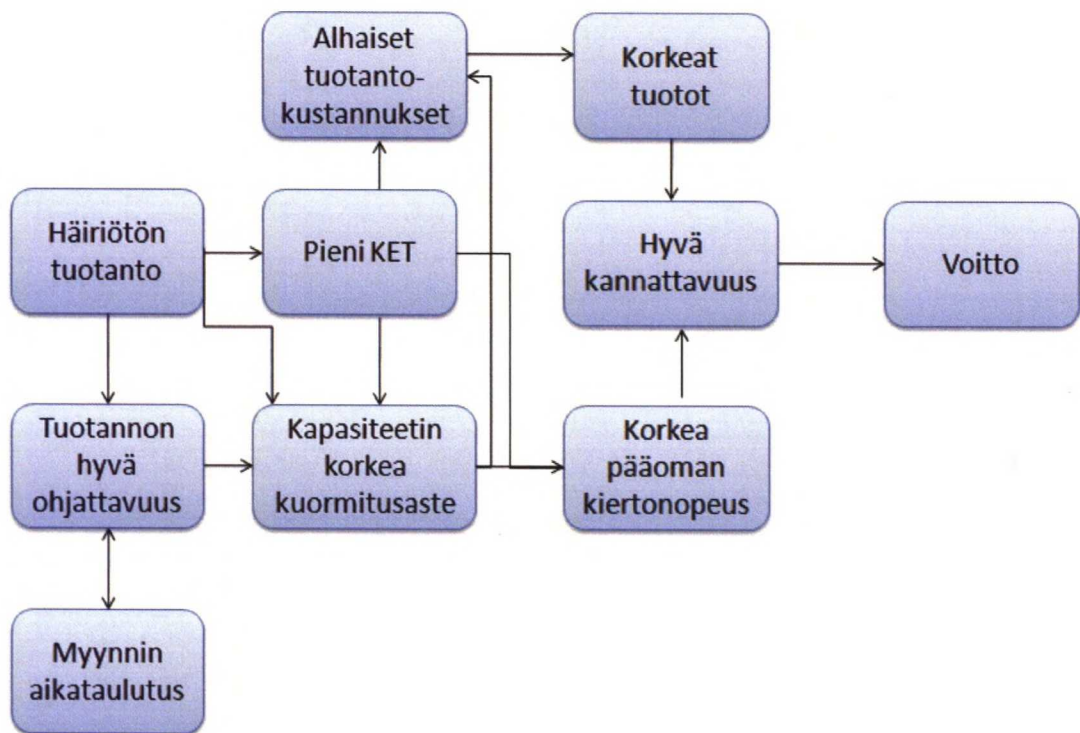
Kuvassa 6 on esitetty usein tuotannon tavoitteiksi mielletäviä asioita. Nämä asiat voivat joissakin tapauksissa olla ristiriidassa keskenään ja tuotannonohjauksen tehtävänä on näitä kolmea tavoitetta tasapainottamalla ohjata tuotannon toimintaa parhaaksi katsomaansa suuntaan. Näihin tavoitteisiin voidaan lisätä vielä tuotannon ohjattavuuden parantaminen. Tuotannon ohjattavuudella tarkoitetaan tuotantojärjestelmän kehittämistä siten, että tuotannon muut tavoitteet ovat paremmin saavutettavissa. Hyvällä ohjattavuudella saavutetaan siis joustavuutta ja muutosnopeutta tuotantojärjestelmän sopeutuessa ympäristön muutoksiin. (Haverila & al. 1993)



Kuva 6 tuotannonohjauksen tavoitteet (Haverila et al., 1993)

Tuotannonohjauksesta vaikeaa tekee se, että se ei ole yksittäinen ja erillinen osa yrityksen toiminnassa, vaan sen toimintaan vaikuttavat monet asiat ja sen toiminta myös vaikuttaa monen muun yrityksen osaston toimintaan. Markkinointi esimerkiksi kokee toimituskyvyn sekä joustavuuden asiakkaiden toiveiden toteuttamiseen erittäin tärkeiksi, kun taas talousosasto kiinnittää huomiota sitoutuneen pääoman arvoon ja sen kehittymiseen. Nämä eri osastojen tavoitteet ja niiden ristiriitaisuus tekevät tuotannonohjauksesta vaikeaa ja lisäksi se hämärtää entisestään eri toimintojen ensisijaista tavoitetta, joka on yrityksen kannattavuuden varmistaminen. (Haverila & al., 1993)

Tuotannon tavoitteet tulisi siis jotenkin linkittää yrityksen pääasialliseen tavoitteeseen sekä näin perustella tuotannonohjauksen tekemiä päätöksiä yrityksen tavoitteisiin nähden. Kuvassa 7 on edellä mainitut tuotannonohjauksen tavoitteet yhdistetty yrityksen kannattavuuteen. Kuvasta voidaan todeta, että pienellä keskeneräisellä tuotannolla (KET) sekä korkealla kuormitusasteella voidaan saavuttaa korkea pääoman kiertonopeus. Tämän lisäksi pienellä keskeneräisellä tuotannon määrällä sekä kapasiteetin korkealla kuormitusasteella saavutetaan alhaiset tuotantokustannukset. Korkeiden tuottojen sekä pääoman korkealla kiertonopeudella saavutetaan hyvä kannattavuus, jonka seurauksena saavutetaan voittoa. Kuten kuvasta 6 hyvin nähdään, ovat pieni vaihto-omaisuus sekä korkea kuormitusaste usein ristiriidassa keskenään. Pieni vaihto-omaisuus tarkoittaa vähäistä keskeneräistä tuotantoa, kun taas kapasiteetin korkea kuormitusaste vaatii suurempia eräkokoja, jotka johtavat väkisinkin keskeneräisen tuotannon kasvuun. (Haverila et. al., 1993)



Kuva 7 Tuotannonohjauksen vaikutus kannattavuuteen (Lapinleimu et al. 1997)

Tämän lisäksi kuvan 7 tilanteessa on tehty muutama oletus, joita ei ole listattu tähän kaavioon. Esimerkiksi alhaiset tuotantokustannukset johtavat korkeisiin tuottoihin ainoastaan mikäli tuotteet saadaan myytyä ja kaiken lisäksi voitolla. Mikäli tuotteet kuitenkin valmistetaan varastoon, ei näistä välttämättä seuraa tuottoja yritykselle missään vaiheessa. Tai vaihtoehtoisesti, mikäli tuotteet toimitetaan myöhässä, voi se aiheuttaa sakkoja tai tulevaisuuden myynnin laskua. Yritys voi valmistaa tuotteita erittäin alhaisin kustannuksin, mutta mikäli kysyntää tai myyntiä näille tuotteille ei ole, eivät alhaiset tuotantokustannukset johda tuottoihin. Toisaalta alhaisia tuotantokustannuksia tavoiteltaessa yritetään usein päästä eroon kaikesta ylimääräisestä kapasiteetista, joka vastaa myös kapasiteetin korkean kuormitusasteen tavoitetta. Tällöin ongelmana on se, että pienetkin ongelmat jossain tuotantoketjun vaiheessa saavat aikaan suuria ongelmia, joiden seurauksena tuotteita ei saada suunnitellusti ulos ja myynti ja näin yrityksen tulos kärsii.

Jokaisessa tuotantolinjassa on jonkin verran vaihtelevuutta, joka johtaa eroihin tuotantosuunnitelman sekä käytännön tuotannon välille. Tuotannonohjaaminen ja seuraaminen olisi erittäin helppoa ja yksinkertaista ilman näiden suunnittelemattomien ongelmien esiintymistä. Näitä ongelmia ovat mm. konerikot, työkalurikot, työntekijöiden sairauslomiat tai muut poissaolot, materiaalien puute, laatuvirheet tuotteissa, asiakkaat, jotka muuttavat mieltään tuotteen laadun ja ajoituksen suhteen jne. Edellä mainitut ongelmat eivät aiheuta suuriakaan ongelmia yksittäisille tuotantovaiheille, mutta ne aiheuttavat ongelmia tuotannossa, jossa vaiheet ovat peräkkäisiä. Vaiheiden peräkkäisyydestä johtuen yhdessä vaiheessa kohdatut ongelmat heijastuvat koko tuotantolinjaan. Kun tätä vaihtelua tapahtuu kaikissa vaiheissa satunnaisesti, on näiden ongelmien aiheuttamat vaikutukset suuremmat tuotantolinjan kannalta, kuin sen vaiheen, johon ongelma alkujaan kohdistui. (Taylor 2002)

Mikään tuotanto ei voi eristää itseään näistä kahdesta ilmiöstä, tilastollisesta vaihtelevuudesta sekä tuotantovaiheiden peräkkäisyydestä, eikä vastaavasti myöskään niiden yhteisvaikutuksesta. Tästä syystä ainoa keino häiriöttömään tuotantoon on varautua näihin muutoksiin ja niiden vaikutuksiin etukäteen. Koska edellisen vaiheen ongelmat heijastuvat myös seuraavaan vaiheeseen tarkoittaa tämä sitä, että jokaisessa tuotantolinjassa on jossain vaiheessa ylimääräistä kapasiteettia. Mikäli esimerkiksi materiaalipuutteen takia jokin työstökone seisoo, ei tätä materiaalia seuraavaksi työstävä työvaihe voi myöskään alkaa jne. Näin ollen syntyy liikenteestäkin tuttu ilmiö, jossa pienet muutokset jonon alkupäässä voivat saada aikaan suuria muutoksia jonon hännillä. (Taylor 2002)

Cook (1994) toteaa, että useissa tuotantolaitoksissa niitä johtavia henkilöitä arvioidaan nimenomaan työstökoneiden tai vaiheiden tehokkuudella. Kun tähän pyritään, tehdään jokaisessa työvaiheessa niin paljon työtä kuin mahdollista, joka taas johtaa kasvaviin varastotasoihin koko systeemin läpi. Tämä taas johtaa useisiin muihin negatiivisiin vaikutuksiin tuotannossa. Tämänkin seikka vahvistaa jo edellä mainittua asiaa, että tuotannon tavoitteiksi mielletävät asiat ovat usein ristiriidassa keskenään. Tämä ei kuitenkaan ole loogista ja voidaankin kyseenalaistaa se seikka, ovatko nämä todella

tuotannon tavoitteita vai vain keinoja tuotannon tavoitteiden saavuttamiseksi. (Cook 1994), (Goldratt & Fox 1989)

Toinen oletus kuvan 7 kaavion takana on, että yrityksen käteisvarat eivät lopu kesken. Tällöin pääoman korkea kierto nopeus, korkeat tuotot sekä hyvä kannattavuus eivät välttämättä tee yrityksen toimintaa mahdolliseksi, sillä yritys tarvitsee tasaista rahavirtaa maksaakseen laskunsa ja varmistaakseen toimintansa jatkumisen. Nämä voivat vaikuttaa pieniltä ja jopa turhan tarkoilta seikoilta, mutta on mahdollista, että yritys jonka pääoman kierto nopeus sekä tuotot ovat hyviä, ei pysty toimimaan, koska sen käteisvarat ovat loppu. Näiden edellä mainittujen asioiden mittaamisen liittäminen tuotannonohjaamiseen ja sen tavoitteisiin on kuitenkin erittäin suuri haaste, sillä tuotannon tasolla rahavirtojen ja yrityksen tavoitteiden hahmottaminen on erittäin hankalaa. Tähän vaikuttaa niin moni muukin asia kuin tuotanto, ja tästä syystä tämä ajattelumalli usein hylätään ja keskitytään niihin asioihin, joilla tuotannosta saadaan mahdollisimman tehokasta. Seuraavassa kappaleessa käsitellään tuotannon tavoitteiden mittaamista ja kuinka tässä kappaleessa esitetyt asiat on mahdollista ottaa huomioon myös tuotannonohjauksessa.

Kuvissa 6 ja 7 esitetyt tuotannon tavoitteet ovat hyviä tavoitteita, mutta ne ovat ristiriidassa keskenään, jättäen näin lopullisen päätöksenteon tuotannonohjauksesta tuotannosta vastaavan henkilön oman näkemyksen varaan. Tällöin näitä tavoitteita mittaamalla ei juuri saada mitään tukea tuotannonohjaukseen, vaan lopullinen päätös joudutaan joka tapauksessa tekemään näitä lukuja soveltamalla oman näkemyksen mukaan yrityksen tilasta ja tavoitteista, jotka eivät välttämättä ole aina aivan selkeitä. Toisaalta käytettävät mittarit usein ohjaavat käytännön toimintaa tiettyyn suuntaan, ja mikäli nämä mittarit eivät ole yhteydessä yrityksen tavoitteeseen, voivat ne ohjata toimintaa väärään suuntaan. (Fry & Cox 1989)

Nykyajan globaalissa maailmassa, jossa markkinat ovat hyvin dynaamiset ja odotukset tuotteiden laadun, saatavuuden sekä kustannusten suhteen muuttuvat kokoajan, täytyy myös tuotannon olla valmis muuttumaan ja mukautumaan vallitsevan ympäristön mukaan. Tästä syystä tuotannon tavoitteet olisi tärkeä pystyä liittämään yrityksen

pääasialliseen tavoitteeseen, jotta muutosten tapahtuessa myös tuotannon muutokset olisivat oikean suuntaisia yrityksen kannalta. Mikäli tuotannon tavoitteet ovat ristiriidassa yrityksen strategian ja tavoitteiden kanssa, ei voida saavuttaa parasta mahdollista tulosta ja vaadittavat muutokset vaativat aina uusien tavoitteiden laatimista. Näin ollen olisi erittäin tärkeää luoda tuotannonohjauksen tueksi joitain tunnuslukuja, joita seuraamalla voitaisiin systemaattisesti ohjata tuotantoa oikeaan suuntaan yrityksen pääasiallista tavoitetta tarkkaillen. Tällöin voitaisiin myös varmistaa se, että mitattavilla asioilla oikeasti mitataan tuotannon tavoitteiden saavuttamista, eikä vain erilaisia tuotannon ominaisuuksia.

3.6 Tuotannon ohjaaminen yrityksen tavoitteiden mukaan sekä tavoitteiden mittaaminen

Jotta edellisessä kappaleessa kuvatuilla tuotannonohjauksen tavoitteilla olisi jotakin käytännön hyötyä, tulee niitä pystyä mittaamaan jotenkin ja näin myös ohjaamaan sekä kehittämään toimintaa oikeisiin suuntiin. Tuotannon ja sitä kautta tuotannonohjauksen tavoitteet tulevat yrityksen tavoitteista ja sen tarpeesta tehdä rahaa. Tästä syystä tuotannonohjauksen tarkemmat tavoitteet voidaan saada selville seuraamalla top to bottom – ajatusmallin avulla yrityksen tavoitteiden jalkautumista tuotannon tasolle. Tällöin saavutetaan tuotannon mittareita, joilla on jokin yhteys yrityksen tavoitteeseen, ja voidaan systemaattisesti seurata tuotannon tilaa tähän tavoitteeseen nähden. (Goldratt & Fox 1989)

Kuvassa 8 on esitetty TOC -ajatusmallin runko, lähtien yrityksen pääasiallisesta tavoitteesta, joka on tehdä omistajilleen rahaa. Tämä ajatusmalli määrittelee kuitenkin kaksi yrityksen toimintaympäristöön kohdistuvaa vaatimusta, joita ei saa missään vaiheessa rikkoa tehtäessä päätöksiä, jotka johtavat yrityksen pääasiallisen tavoitteen saavuttamiseen. Nämä kaksi vaatimusta ovat: (1) tarjoa hyväksyttävä sekä riittävä toimintaympäristö työntekijöille sekä (2) tarjoa markkinoita tyydyttäviä ratkaisuja. Nämä periaatteet ovat myös esitetty kuvassa 8 suhteessa pääasialliseen tavoitteeseen, ja kuvan perusteella voidaankin todeta, että mitä vaan näistä kolmesta voidaan sanoa

yrittäjien pääasialliseksi tavoitteeksi, mikäli kaksi muuta ovat tällöin vaadittavia olosuhteita. (Gupta et al., 2002)

Yrityksen tavoitteen, eli rahan tekemisen, mittaamiseen käytetään useita eri mittareita. Yrityksen johdolla on erittäin suuri määrä vaihtoehtoisia tapoja mitata yrityksen kannattavuuden lukuja, mutta jo hyvin yksinkertaisilla ja selkeillä mittareilla saadaan yrityksen tila selville. Yrityksen taloudellisen kannattavuuden mittaamiseen tarvitaan kolme eri mittaria, jotka yhdessä kertovat onko yrityksen liiketoiminta kannattavaa. Nämä kolme mittaria ja niiden toimintaperiaatteet ovat myös esitetty kuvassa 8. On tärkeää huomata, että nämä kolme kuuluvat tämän tapaisen analyysin kohdalla tiiviisti yhteen, eikä yhtäkään niistä voida jättää huomiotta analyysiä tehtäessä. (Goldratt & Fox 1989)

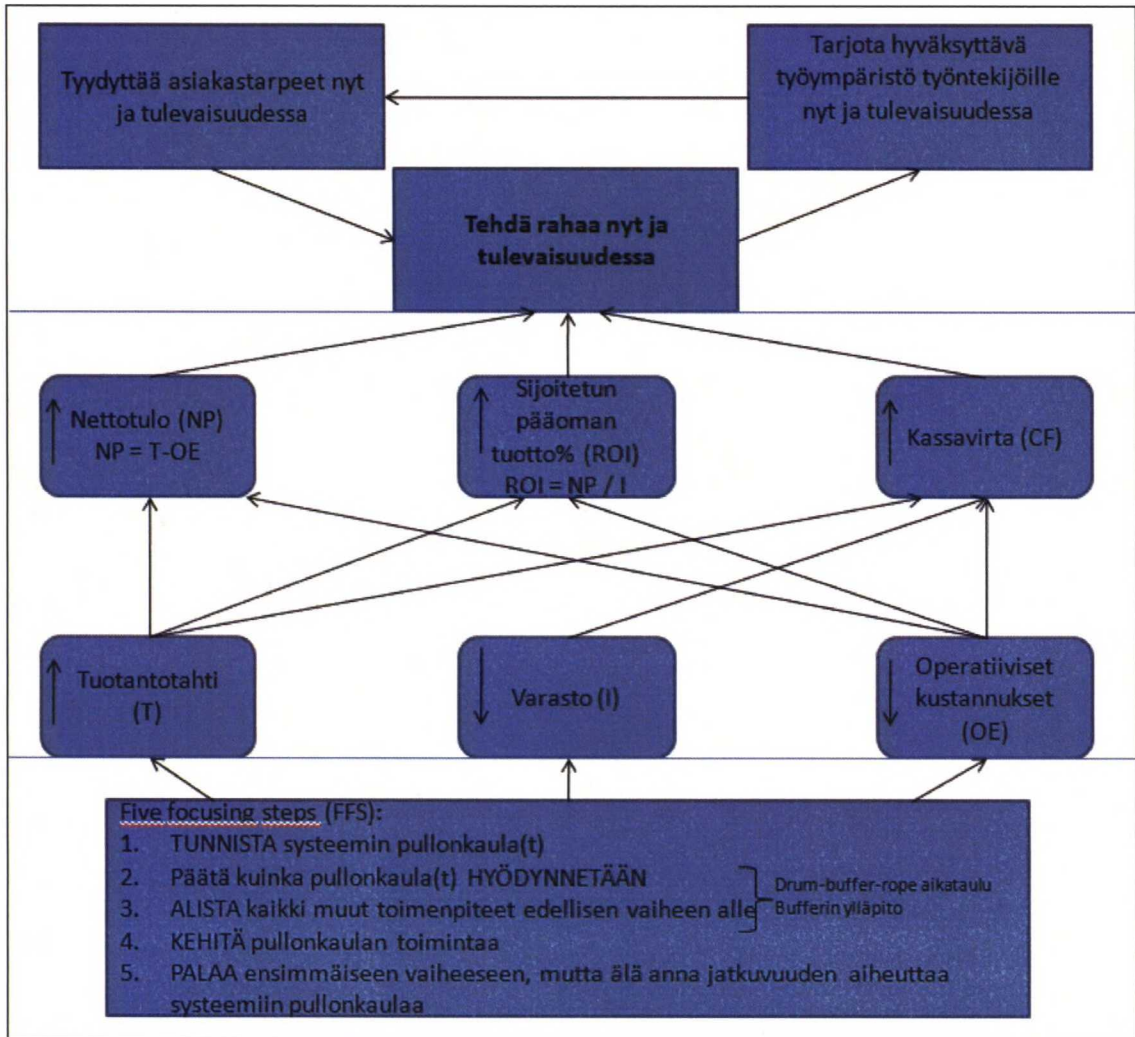
Ensimmäinen tarvittava luku on yrityksen nettotulot. Nettotulot kertovat tekeekö yritys rahaa toiminnallaan ja on siis erittäin yksinkertainen laskea ja tulkita. Tämä ei kuitenkaan yksin riitä, sillä yritys voi tehdä rahaa, vaikka se tuottaisi vähemmän kuin mitä siihen on investoitu. Tästä syystä tulee mitata nettotulojen lisäksi myös investointien takaisinmaksukykyä ja nopeutta tosin sanoen sijoitetun pääoman tuotto prosenttia tai ROI:ta (return on investment). On edelleen mahdollista, että yritys, joka tuottaa rahaa ja maksaa investointinsa hyvällä katteella takaisin ei pysty toimimaan. Mikäli yrityksellä ei ole tarvittaessa käytössään rahavaroja eikä se voi maksaa laskujaan, ei se voi myöskään toimia. Tästä syystä kolmas mitattava suure on kassavirta. Kun rahavaroja on tarpeeksi, ei tämä mittari ole kovinkaan tärkeä, mutta kun rahaa ei ole, tulevat kaksi muuta mittaria turhiksi. (Goldratt & Fox 1989), (Lockamy & Spencer 1998)

Näiden kolmen mitattavan suureen avulla voidaan määrittää kuinka hyvin yritys on päässyt tavoitteeseensa. Kaikkien yrityksen ja sen valmistavien tehtaiden toimenpiteiden tulisi keskittyä näiden kolmen mittarin tulosten parantamiseen. Ei riitä, että parannetaan yhtä samalla kuin kaksi muuta huononevat, vaan kaikkia kolmea tulee pyrkiä samanaikaisesti parantamaan. Muuten on mahdollista ”kikkailla” näiden lukujen avulla, esim. lopettamalla kehitystyö, säästetään ja näin saadaan nettotulot kasvamaan, mutta

samalla heikennetään tulevien vuosien ROI:ta ja kassavirtaa. Tästä syystä on tärkeää etsiä toimenpiteitä ja investointeja, joilla voidaan parantaa kaikkia kolmea lukua samanaikaisesti. (Goldratt & Fox 1989)

Nämä edellä mainitut mittarit ovat kuitenkin tuotannon kannalta kaukaisia ja vaikeasti tuotantoon sekä ”lattian tasolle” sovellettavia lukuja. Tästä syystä on tärkeää pystyä sanomaan nämä samat tavoitteet eri tavalla ja pystyttävä mittaamaan niitä tuotannosta saatavilla luvuilla, jotka ovat ymmärrettäviä tehdastasollakin. Goldratt & Fox (1989) kehittivät kirjassaan *The Goal* kolme vastaavaa mittaria tuotannon tasolle. Nämä mittarit ja niiden tarkat määritelmät on esitetty alla sekä kuvassa 8. On erittäin tärkeää määritellä nämä tunnusluvut tarkasti, sillä jos ei tiedetä mitä mitataan tai mitataan vääriä asioita, ei siitä ole kuin haittaa. Alla olevat mittarit ovat määritelmiensä kanssa täysin saman asian ilmaisevia, kuin aiemmin esitetyt yrityksen taloudellista kannattavuutta mittaavat suureet. (Lockamy & Spencer 1998), (Gupta et al. 2002)

- Tuotantotahti (throughput = T)
 - Tuotantotahdilla tarkoitetaan sitä määrää tuotteita, jotka kulkevat tuotannon läpi ja edistävät *myyntiä*.
- Varastot (inventory = I)
 - Varastoilla tarkoitetaan kaikkea ostettua, joka aiotaan tai voidaan myydä
- Tuotannolliset (operatiiviset) kustannukset (operating costs = OE)
 - Tuotannollisilla kustannuksilla tarkoitetaan kaikkia niitä kuluja, joiden avulla varastoista tuotetaan myytäviä tuotteita



Kuva 8 TOC ajatusmallin runko sekä mitattavat suureet (suomennettu Gupta et al., 2002)

Edellä mainituista tuotannon tilan mittareista voidaan suoraan laskea nettotulot vähentämällä tuotantotahdistuotantokustannukset ($NP = T - OE$). ROI saadaan taas, kun jaetaan nettotulot (NT) varaston arvolla (NT / I). Näistä kaavoista nähdään, että toiminta ja siis tulos paranee, mikäli tuotantotahti(T) paranee (suurenee), varaston arvo (I) pienenee ja/tai tuotannon kustannukset (OE) laskevat. (Gupta & al. 2002), (Lockamy & Spencer 1998)

Kun tutkitaan edellä kuvattuja mittareita, on erittäin tärkeää, että tiedetään tarkalleen esitettyjen suureiden määritelmät. Esimerkiksi tuotantotahdin määritelmästä on tärkeää

huomata, että Goldratt & Fox (1989) määrittelevät sen nimenomaisesti myytävien tuotteiden avulla. Tämä johtuu yksinkertaisesti vain siitä, että valmistaessaan varastoon yritys ei ole yhtään lähempänä pääasiallista tavoitettaan, kuin jos se ei olisi valmistanut tuotteita ollenkaan. Oikeastaan päinvastoin, sillä tällöin yritys on lisännyt sekä varastoja sekä varastojen ylläpidon kustannusten kautta niin varastojen arvoa kuin myös operatiivisia kustannuksia. Tällöin myöskään tehty oletamus, että tuotantotahti vähennettynä tuotantokustannuksilla antaisi yrityksen nettotulot, ei pitäisi paikkansa. Tämän lisäksi on hyvä korostaa vielä varaston arvon määritelmää, jossa siihen osoitetaan myös mm. tuotannosta löytyvien koneiden arvot, sillä ne ovat ostettua pääomaa, joka voidaan tarvittaessa muuttaa rahaksi. Kun varaston arvo määritetään näin, pitää myös kuvassa 8 oleva määritelmä ROI:n laskemiseen paikkansa. (Lockamy & Spencer), (Goldratt & Fox 1989)

Akateemisessa kirjallisuudessa on kirjoitettu paljon tavanomaisten taloudellisten mittareiden heikkoudesta ohjata paikallista tuotantoa kohti globaalia tavoitetta. Tästä ovat kirjoittaneet mm. Fry & Cox (1989) sekä Plossl (1990). Lockamy & Spener (1998) ovat omassa tutkimuksessaan selvittäneet toimivatko nämä edellä esiteltyt mittarit todella teorian mukaisesti ja auttavatko ne ohjaamaan tuotantoa koko organisaation tavoitetta kohti. Tutkimuskysymyksikseen he asettivat:

- Voiko tuotanto toimia TOC:n esittelemien tuotannon mittareiden avulla?
- Miten tuotantolaitos pärjää TOC:n periaatteiden mukaisten mittareiden avulla?
- Mitä muutoksia perinteisiin käytössä oleviin mittareihin pitää tehdä ennen TOC:n esittelemien mittareiden käyttöönottoa?

Esimerkin kautta Lockamy & Spencer hahmottivat TOC:n mittareiden käytännön toimia ja totesivat ne toimiviksi kyseisessä yrityksessä. Tämä yritys valmisti suuria tuotteita Assembly-to-order tyyppisesti ja tuotteiden vaihtelu oli erittäin suurta ja tästä syystä tuotantosuunnitelman pitävyys oli yritykselle erittäin kriittistä. Koska kaikki koottavat

tuotteet olivat erilaisia, tuotantosuunnitelman pitävyyteen saattoi vaikuttaa hitaus myynnin, suunnittelun, hankinnan tai valmistuksen toiminnassa. Tästä syystä jokainen yksikkö teki omat tehokkuuden mittarit toiminnalleen liittyen tuotantosuunnitelman pitävyyteen. Esimerkkeinä näistä mittareista ovat esimerkiksi: suunnittelu seurasi suunnittelumuutosilmoitusten (engineering change notice) määrää sekä läpimenoaikaa; valmistus seurasi viikoittaista läpimenoaikaa; sekä hankinta seurasi viikoittain ajallaan sekä oikeassa laadussa tulleita tuotteita toimittajakohtaisesti. (Lockamy & Spencer 1998)

Johdon päätösten tueksi käytettiin TOC:n periaatteiden mukaisia mittareita luomaan solukohtaiset työvoiman käyttöasteet. Näin ollen työvoiman käyttö saatiin ”optimoitua” tuotantotahdin ylläpitämisen globaalin tavoitteen suhteen. Esitelty yritys käytti TOC:en esittelemien mittareiden lisäksi myös muita taloudellisia mittareita ulkopuolisten hallintoelinten tarpeiden tyydyttämiseksi. (Lockamy & Spencer 1998)

3.6.1 Five Focusing steps (FFS)

Kuvan 8 alimman tason laatikossa on esitelty Goldratin vuonna 1990 esittelemä Five-step Focusing process, jonka sisältämät viisi vaihetta eli Five Focusing Steps (FFS) muodostavat ohjeet tuotannon ohjaamiseen pullonkaulan avulla. Tämä menetelmä tarjoaa selkeän tavan tuoda TOC:n periaatteet kapeikon ohjauksesta käytännön tasolle. FFS pitää sisällään myös kuuluisiksi tulleet Drum-Buffer-Rope (DBR) sekä Buffer Management menetelmät, jotka kuuluvat oleellisesti vaiheiden kaksi sekä kolme käytäntöön panoon. Tämä viiden kohdan suunnitelma luotiin, jotta johdon huomio keskittyisi niihin tärkeisiin asioihin, joilla todella vaikutetaan tuotannon toiminnan tehokkuuteen. Tällä tarkoitetaan ensisijaisesti pullonkaulan tehokkuuden turvaamista, sillä sen tehokas toiminta on ehdotonta systeemin tehokkuuden kannalta. (Gupta et al. 2002)

Jollakin tasolla voidaan sanoa tämän lähestymistavan olevan samantapainen kuin Demingin Plan-Do-Check ympyrä, jossa myös toistamalla samoja vaiheita pyritään johtamaan jatkuvan parantamisen mallia. Mutta toisin kuin muut jatkuvan parantamisen

mallit, kuten Total Quality Management (TQM) tai Lean ajattelumalli, TOC:n esittelemä FFS on suoraviivaisempi sekä yksinkertaisempi lähestymistavassaan. Kun muut mallit pyrkivät parantamaan kaikkia prosessin vaiheita, keskittää FFS kaikki voimavaransa ainoastaan kulloinkin heikoimman komponentin tai kriittisen ketjun vaiheiden parantamiseen. Mikäli systeemi on organisoitu ja johdettu tehokkaasti siten, että kaikki toiminnot tähtäävät yhteisen tavoitteen saavuttamiseen, on FFS vaiheiden perusteella tehdyillä toimilla aina suora vaikutus koko systeemin toimintaan. (Gupta et al., 2002), (Reid, 2007)

Ensimmäisenä vaiheena on pullonkaulan tai pullonkaulojen tunnistaminen tuotannosta. Pullonkaulalla tarkoitetaan systeemin resurssia, joka estää tuotannon toimimisen tehokkaammin sen päämäärää kohti. Vaikka useimmiten pullonkauloja on vain yksi, voi joissakin tapauksissa niitä olla myös useampia rinnakkain. Pullonkaulan määrittämisessä voidaan käyttää hyväksi kysymystä: Mitä tai mikä, jos systeemillä vain olisi enemmän, mahdollistaisi paremman suorituskyvyn sen päämäärään nähden? Pullonkaulat voidaan jakaa joko sisäisiin tai ulkoisiin resursseihin tai vaihtoehtoisesti jako voidaan tehdä fyysisten ja poliittisten resurssien välille. Sisäisiä pullonkauloja voivat olla esimerkiksi riittämätön fyysinen kapasiteetti tai tehottomat organisaation sisäiset toimintatavat. Ulkoisia pullonkauloja voivat olla esimerkiksi riittämätön kysyntä markkinoilla tai raaka-aineen saatavuus. Poliittisilla pullonkauloilla taas tarkoitetaan kaikkia pullonkauloja, jotka eivät ole fyysisiä. Näitä voivat olla esimerkiksi menettelytavat tai asenteet, jotka rajoittavat resurssien käyttöä. Poliittisia pullonkauloja on usein vaikeampi havaita kuin fyysisiä, josta johtuen ne voivat olla organisaatiolle tuhoisampia. (Gupta et al., 2002), (Haverila et al. 1993), (Reid, 2007)

Toisessa vaiheessa pullonkaulan resurssin kaikki kapasiteetti otetaan käyttöön. Tämä tarkoittaa sitä, että varmistetaan pullonkaulan työskentely jatkuvasti ja pyritään eliminoimaan kaikki turha työ sekä aika jona pullonkaula ei ole käytössä. Työstökoneen tapauksessa tämä voisi esimerkiksi tarkoittaa koneen automaattiajtoa lounastauon aikana ja töiden ajoittamista oikeaan järjestykseen, mikäli koneella työtetään myös muita kuin pullonkaula tuotteita. Tässä työvaiheessa pyritään siis ilman investointeja ottamaan

kaikki mahdollinen hyöty pullonkaulana toimivasta resurssista. Tyypillisesti tämä vaihe paljastaa ”käyttämätöntä” kapasiteettia pullonkaulasta noin 10:stä 20:en prosenttiin, ja parantaa siis suoraan tuotteiden läpimenoaikaa. (Reid, 2007)

Seuraavassa vaiheessa kaikki resurssit, jotka eivät toimi pullonkaulana, synkronoidaan pullonkaula resurssin ohjauksen kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että näiden resurssien ohjaus tapahtuu tukien sitä periaatetta jolla pullonkaulana olevaa resurssia käytetään. Tällä tavalla estetään turha kiirehtiminen sekä liiallisten välivarastojen syntyminen. Vaikka tämä periaate on hyvin yksinkertainen, on tämä kaikkein vaikein toteutettava näistä viidestä FFS menetelmän vaiheesta. Tämä siitä syystä, että tämän vaiheen toteuttaminen vaatii usein johdon ajattelutavan muutosta. Monien henkilöiden voi olla hankala tottua ajatukseen, jonka mukaan heidän alaisuudessaan toimivan yksikön ohjaaminen on vähemmän tärkeässä roolissa kuin jonkin muun vaiheen ajatellen koko systeemin toimintaa. Lisäksi tämä tarkoittaa usein sitä, että jotkin vaiheet ennen pullonkaulaa ovat välillä toimettomina, mikä taas usein nähdään yksinomaan negatiivisena asiana. Muiden vaiheiden alistamisella pullonkaulan toiminnan alle tarkoitetaan yhtenä vaiheena myös pullonkaulan eteen muodostettavan materiaalipuskurin luomista. Tämän puskurin avulla varmistetaan, että pullonkaula resurssilla on jatkuvasti materiaalia, jota se voi työstää eikä se seiso odottamassa seuraava työtä. (Reid, 2007)

Neljännän vaiheen toimenpiteet sisältävät useimmiten investointien avulla suoritettavan pullonkaularesurssin kapasiteetin lisäämisen, joka voidaan tehdä mm. työvoiman tai koneiden lisäämisen avulla. Mikäli pullonkaulana on taas vaikka markkinoiden heikko kysyntä, voidaan kenties uusien markkinointi strategioiden suunnittelulla ja toteutuksella vaikuttaa pullonkaulan toimintaan. Tyypillistä on kuitenkin se, että resurssin kehittämiseksi eli kapasiteetin kasvattamiseksi tarvitaan jonkin asteisia pääomasijoituksia. Tämä usein poistaa pullonkaulan ja näin ollen systeemiin muodostuu uusi pullonkaula jonnekin muualle. Tästä syystä useat TOC konsultit suosittelevat hyvin tarkan analyysin tekemistä ennen näitä toimia. Ajatuksena tämän takana on se, että näillä toimilla saatetaan aiheuttaa uuden vaikeammin hallittavan pullonkaulan

syntyminen, jolloin on syytä miettiä halutaanko ja onko kannattavaa muokata systeemiä siihen suuntaan. Toisinaan voi olla helpompaa ja kustannustehokkaampaa hallita olemassa olevaa pullonkaulaa, kuin poistaa se ja yrittää hallita systeemin uutta pullonkaulaa. Esimerkiksi sisäisen pullonkaulan hallitseminen voi olla huomattavasti helpompaa ja kustannustehokkaampaa kuin ulkoisen pullonkaulan hallinnointi, ja tällöin sisäisen pullonkaulan säilyttäminen sen sijaan, että se poistetaan ja aiheutetaan uusi ulkoinen pullonkaula, voi olla kokonaisuuden kannalta parempi vaihtoehto. (Reid, 2007)

Mikäli päätöstä pullonkaulan säilyttämisestä ei ole tehty, johtaa edellisen vaiheen suorittaminen yleensä pullonkaulan poistumiseen ja uuden syntymiseen. Tästä syystä on tärkeää palata vaiheeseen yksi ja tunnistaa uusi pullonkaula systeemissä. Jatkuvuuden kyvyllä aiheuttaa uusi pullonkaula tarkoitetaan sitä, että uuden pullonkaulan muodostuessa on syytä tutkia edellisen pullonkaulan ohjaamisessa käytettyjen toimien, etenkin vaiheiden 2 ja 3 kohdalla, toimivuus uudessa tilanteessa. Tällä halutaan varmistua siitä, etteivät edellisellä kierroksella tehdyt muutokset vaikuta negatiivisesti uuteen tilanteeseen ja muodosta näin uutta pullonkaulaa. (Reid, 2007)

4. ERP – järjestelmät (toiminnanohjausjärjestelmät)

Viimeisten vuosien aikana maailma on muuttunut erityisen voimakkaasti globalisaation sekä informaatioteknologian kehittyessä huimaa vauhtia. Tämä on tuonut uusia haasteita tässä uudessa ympäristössä toimiville yrityksille. Yrityksiltä vaaditaan mm. alhaisempia kustannuksia, suurempia tuotevalikoimia, parempaa laatua sekä parempaa toimitustäsmällisyyttä. Tähän pyritään tehokkaan ja toimivan yhteistyön avulla tuotannon sekä jakeluverkostojen välillä. Näihin tavoitteisiin päästäkseen yrityksen on pystyttävä jatkuvasti muuttamaan toimintatapojaan sekä jakamaan informaatiota koko organisaation läpi. Tähän tehtävään on ajan mittaan kehitetty integroitu järjestelmä, jota kutsutaan Enterprise Resource Planning eli ERP – järjestelmäksi. (Gupta & Kohli 2006)

Tässä kappaleessa käsitellään toiminnanohjausjärjestelmien eli ERP – järjestelmien toimintaa ja niiden ominaisuuksia. Ensiksi määritellään ERP – järjestelmä käsite, jonka jälkeen käydään läpi sen kehityshistorian eri vaiheet. Tämän jälkeen käydään läpi uusimpien ERP – järjestelmien rakennetta sekä niiden yleisimpiä moduuleita. Lopuksi käsitellään vielä lyhyesti ERP – järjestelmän implementointiin liittyviä mahdollisia ongelmia ja huomioitavia asioita.

4.1 ERP – järjestelmän määritelmä sekä tarkoitus

Työntekijöiden voimavarojen ja tiedon käyttö luo yritykselle pohjan saavuttaa sitä ketteryyttä ja muutosvoimaa, jota se tarvitsee pärjätäkseen nykyajan jatkuvasti muuttuvassa ympäristössä. Jotta työntekijät voisivat tehdä oikeita päätöksiä, tarvitsevat he oikeaa ja reaaliaikaista tietoa, johon he voivat perustaa päätöksensä. ERP – järjestelmä on kehittynyt yritysten tarpeesta saada oikeaa ja oikea-aikaista informaatiota oikeaan paikkaan oikeaan aikaan. (Shragenheim & Ptak 2000)

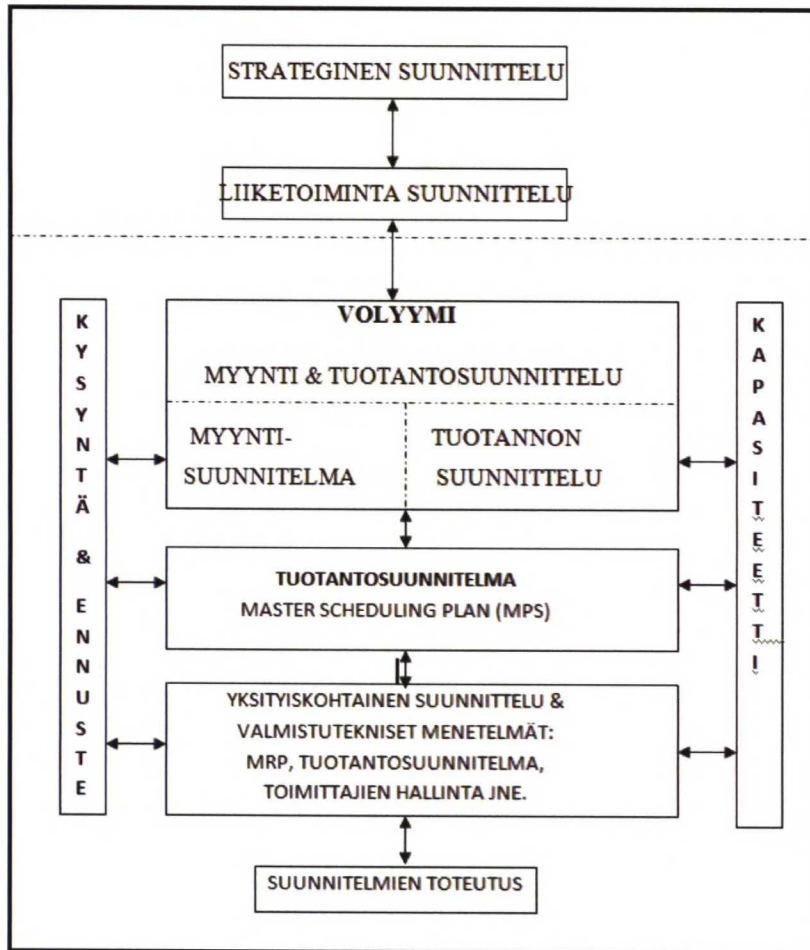
ERP – järjestelmälle on esitetty kirjallisuudessa useita erilaisia määritelmiä ja sen laajuuden ja kattavuuden vuoksi sitä on vaikea määritellä yksiselitteisesti. Suurin osa määritelmistä sivuaa kuitenkin järjestelmän samoja ominaisuuksia, vain painottaen järjestelmän tiettyjä toimintoja toisia enemmän. APICS sanakirja määrittelee ERP:n seuraavasti: Kehys organisoimaan, määrittelemään ja standardoimaan vaadittavat

bisnesprosessit, jotta yritys voi tehokkaasti suunnitella ja ohjata organisaation toimintaa siten, että se voi käyttää sisäistä tietoaan saavuttaakseen ulkoista kilpailuetua”. Tämä määritelmä kuvastaa hyvin sitä laajaa määrää sovelluksia, jotka sopivat ERP – järjestelmän alle. (Jacobs, Weston Jr. 2007)

McGaughey & Gunasekaran (2007) määrittelevät ERP järjestelmän taas informaatiosysteemiksi, joka integroi bisnesprosessit siten, että oikea tieto on oikeaan aikaan saatavilla oikeilla ihmisillä, jotta he voivat tehdä kuluja vähentäviä sekä rahaa tuottavia päätöksiä. Toisaalta hyvin monet määritelmät painottavat sitä tosiseikkaa, että ERP – järjestelmä ei ole pelkkä tietojärjestelmä ja ohjelmapaketti, vaan paljon enemmän. Wallace & Kremzar (2001) esimerkiksi määrittelevät sen hyvinkin laajaksi kokonaisuudeksi, joka pitää sisällään kaikki seuraavat ominaisuudet:

- Koko organisaation laajuiset johtamistyökalut, joiden avulla kysyntä ja tarjonta tasataan
- Ominaisuudet asiakkaiden sekä toimittajien täydelliseen toimitusketjuun linkittämiseen
- kyky tarjota erittäin laajaa osastojen välistä integraatiota myynnin, markkinoinnin, valmistuksen, logistiikan, oston, hallinnon, tuotesuunnittelun sekä henkilöstöhallinnan välillä.

Kaikista edellä mainituista määritelmistä voidaan yhteisesti todeta, että ne kaikki painottavat informaation jakamista organisaation sisällä reaaliaikaisesti, jotta yrityksen muu toiminta mahdollistuu. Marnewickin & Labuschagnen (2005) mukaan ERP – järjestelmän päätavoite on, että informaatio pitää syöttää systeemiin ainoastaan kertaalleen. Näin ollen voidaan yhteenvetona todeta ERP – järjestelmän olevan kokonaisvaltainen johtamisjärjestelmä yrityksen toimintojen ja tiedon jakamisen yhdistämiseksi yhdeksi kokonaisuudeksi, mahdollistaen tiedon reaaliaikaisen jakamisen organisaation välisten toimintojen välillä. ERP – järjestelmä on siis paljon enemmän kuin pelkkä ohjelmisto ja tästä syystä sen käyttö sekä implementointi myös vaativat enemmän. Kuvassa 9 on esitetty ERP järjestelmän eri toiminnot ja niiden yhteys toisiinsa.



Kuva 9 ERP - järjestelmän eri toiminnot ja niiden yhteys

4.2 ERP – järjestelmän kehityshistoria

Visio integroidusta informaatiosteemistä alkoi tuotannon tasolta, kun 60- sekä 70 – luvuilla kehitettiin ohjelmia tuotannon ohjaamisen sekä hallinnan parantamiseksi. Aluksi ohjelmat olivat vain yksinkertaista varastohallintaa hoitavia ohjelmia, joista kehittyi myöhemmin Materials Requirements Planning (MRP). MRP ohjelmat antoivat tehtaan johdolle mahdollisuuden suunnitella tuotantoa ja laskea materiaalitarpeet myyntitilauksista. Tuotantosuunnitelman, varastosaldojen sekä tuoterakenteen avulla voitiin laskea materiaalien, komponenttien sekä osakokoonpanojen tarve tuotannossa. Realistisilla tuotantosuunnitelmissa, oikeilla vaiheajoilla sekä päivitettyillä varastosaldoilla oli nyt siis mahdollista ennustamisen sijasta laskea oikeat tarpeet materiaaleille ja osakokoonpanoille. Tämä oli kuitenkin erittäin työlästä, mikäli tuotteita

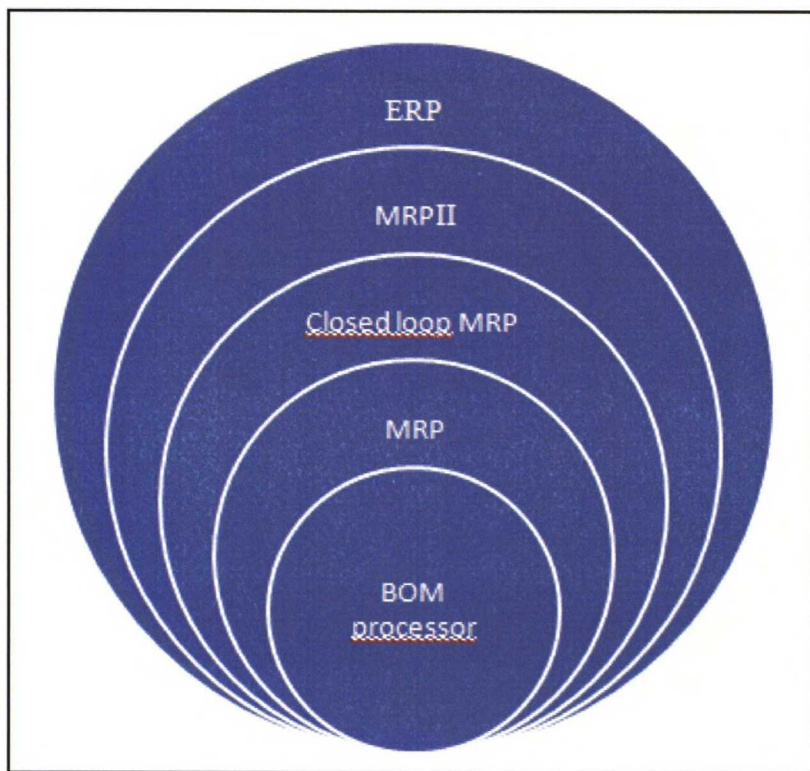
oli paljon ja ne sisälsivät useita osia, ja tästä syystä MRP – systeemit yleistyivät vasta tietokoneiden ja niiden laskutehon kehittyessä. Vaikka järjestelmä oli suunniteltu materiaaltarpeiden laskemiseen ja suunnitteluun, tuli MRP – järjestelmistä tuotannonsuunnittelun apuvälineitä hyvinkin pian niiden ilmestymisen jälkeen. (Brady & al. 2001), (McGaughey & Gunasekaran 2007)

Yksi ensimmäisistä lisäosista MRP – järjestelmiin olikin kapasiteetinhallintamenetelmä, jonka avulla muodostettiin kapasiteettisuunnitelmia tuotantosuunnitelman kehittämisen avuksi. Seuraava kehitysaskel oli suljetun piirin kehittäminen MRP – järjestelmään, joka tarkoitti sitä, että MRP – järjestelmä päivittyi jatkuvasti ja tarjosi siis lähes ajan tasalla olevaa tietoa. Tämän muutoksen seurauksena MRP:n tuotannonsuunnitteluun vaikuttavat ominaisuudet lisääntyivät nopeasti ja uutta järjestelmää alettiin kutsua MRPII – järjestelmäksi. MRPII – järjestelmässä MRP tarkoittaa Manufacturing Resource Planning, ja näin materiaalinhallinta järjestelmästä tuli suunnittelu- ja seurantajärjestelmä koko tuotannon resursseille. (McGaughey & Gunasekaran 2007)

MRPII – järjestelmää kehitettiin edelleen ja myös muut kuin valmistavan teollisuuden alan yritykset alkoivat käyttää järjestelmää ja sen yhä enenemässä määrin olevia toimintoja hyväkseen. Ensimmäisen kerran ERP nimi mainittiin 90 – luvun alussa, jolloin sillä kuvattiin järjestelmää, joka oli ominaisuuksiltaan sekä toimintaympäristöiltään kasvanut ulos MRPII nimen asettamista rajoista, mahdollistaen myös muun kuin valmistavan teollisuuden yritysten ohjaamista järjestelmän avulla. ERP – järjestelmät sisälsivät myös toimintoja, jotka eivät ainoastaan tukeneet prosessien ohjausta yrityksen sisällä vaan myös sen ulkopuolisia toimijoita, näin ollen järjestelmä alkoi kattaa koko yrityksen toimitusketjua. Kuvassa 10 on esitetty ERP – järjestelmän kehityshistoria alkaen BOM prosessoinnista eli tuoterakenteen kautta tehdystä osien tarvelaskennasta. (McGaughey & Gunasekaran 2007), (Jacobs, Weston Jr. 2007)

Vuonna 1992 SAP julkaisi SAP R/3 – järjestelmän, joka erosi ratkaisevasti aiemmista ERP – järjestelmistä. R/3 – järjestelmä toimi useiden eri tietokoneohjelmistovalmistajien käyttöjärjestelmissä, kuten Unixin sekä Windowsin NT:n käyttöjärjestelmissä. Lisäksi se oli suunniteltu ns. avoimen arkkitehtuurin näkökulmasta, joka salli kolmannen

osapuolen yhtiöiden suunnitella ohjelmistoja, jotka yhdistyvät SAP R/3:en. Tämä aloitti nopean kehityksen ja nykyään ERP – järjestelmien valmistajat tarjoavat itsekin järjestelmään lisäosia, kuten esimerkiksi Advanced Planning and Scheduling (APS), Sales Force Automation (SFA) sekä Customer Relationship Management (CMR). Näiden lisäksi tuotannonohjauksen alalla useat toimijat tarjoavat erilaisia hienokuormitusohjelmia ERP – järjestelmien tueksi. Näitä on kutsuttu monella eri nimellä, mutta viimeisin niistä kantaa nimeä Manufacturing Execution System (MES). (McGaughey & Gunasekaran 2007), (Jacobs, Weston Jr. 2007), (Shragenheim & Ptak 2000)



Kuva 10 ERP - järjestelmän kehitys (Shragenheim & Ptak 2000)

4.3 ERP – järjestelmän rakenne

ERP – järjestelmät toimivat yhteisen tietokannan pohjalta, joka varmistaa tiedon oikean kulun ja varmistaa sen, että kaikilla on sama tieto käytettävissään. Rakenteeltaan järjestelmät ovat modulaarisia ja niistä voidaankin koota eri yritysten tarpeisiin erilaisia kokonaisuuksia. Eri organisaation osastojen käyttöön suunnitellut moduulit yhdistyvät

toisiinsa yhteisen ja järjestelmässä keskeisenä olevan tietokannan avulla. Eri sidosryhmille ja toimijoille niin yrityksen sisällä kuin myös organisaation ulkopuolella on omat liittymänsä järjestelmään, jota kautta informaation virtaa ohjataan molempiin suuntiin. Yleisimpiä moduuleita ERP – järjestelmissä ovat ainakin HR, taloushallinto, myynti ja markkinointi sekä tuotanto ja logistiikka. Nämä kaikki moduulit sisältävät luonnollisesti vielä omia moduuleitaan tarkempaa jaottelua varten. Esimerkiksi tuotannon ja logistiikan alla on vain muutamia mainitakseni mm. varastohallinta, MRP, kunnossapito, tuotannonohjaus, projektisuunnittelu, osto, laatu jne. (Davenport 1998)

ERP – järjestelmät on luotu tukemaan suurta määrää yrityksiä, ja niiden yhtenä suurimpana etuna onkin niiden standardoidut toimintatavat ja yleismaailmalliset ratkaisut. Tästä syystä ERP – järjestelmissä on sisäisesti luotuna oma logiikkansa yrityksen rakenteeseen, sen strategiaan sekä kulttuuriin. Vaikka nykyään ERP – järjestelmät tukevat ja mallintavat hyvin monia eri tuotantomalleja, kuten MTO, MTS, ATO jne. sekä erilaisten tuotantofilosofioiden ajatusmalleja, kuten JIT, Lean ja TOC, ovat niiden ratkaisut kuitenkin yleisiä. Tästä syystä yrityksen on usein muutettava toimintaansa jo ennen ERP – järjestelmän implementointia, jotta järjestelmän avulla voidaan mallintaa yrityksen toimintaa. Esimerkiksi ERP – järjestelmät ohjaavat yritystä aina yhdistämään kaikki toimintansa, vaikka toisinaan yrityksen etuna olisi tietty hajanaisuus organisaatiossa. Mikäli yrityksen kilpailuetuna ovat nopeat toimitukset, jotka saavutetaan välttämällä kirjallisia ja standardoituja prosesseja, ajaa ERP – järjestelmä yrityksen pois kilpailuetua tuottavasta toimintatavasta. Näin ollen ERP – järjestelmien sekä bisnesrakenteen on tuettava toisiaan, jotta järjestelmän avulla voidaan saavuttaa kilpailullista etua. (Davenport 1998)

4.4 ERP – järjestelmän käyttöönotto

Edellisissä kappaleissa on määritelty ERP – järjestelmä sekä kuvattu hieman sen rakennetta. Tästä käy hyvin ilmi miten suuri projekti ERP – järjestelmän käyttöönotto on ja miten paljon suunnittelua sekä esityötä se vaatii. Järjestelmän käyttöönotto on laaja, kallis sekä usein hyvinkin pitkä prosessi, jonka rahallista arvoa mitataan yleisesti miljoonissa euroissa. Investointi pitää sisällään niin itse ohjelmiston, kuin myös sen

käyttöönottoa tukevan koulutuksen sekä systeemin integraation. Parr & Shanks (2000) kirjoittaa, että jopa 90 % ERP – järjestelmien käyttöönottoprojekteista ylittää budjetin joko ajallisesti tai rahallisesti. Marnewick & Labuschagne (2005) puolestaan toteaa, että joka viides projekti keskeytetään ennen aikaisesta saattamatta projektia loppuun. Syitä projektien epäonnistumisiin sekä budjetin ylityksiin on monia, mutta sekä Davenport (1998) että Parr & Shanks (2000) nostavat kuitenkin yhdeksi suureksi syyksi epäonnistumisten määrälle sen, että ERP – järjestelmää implementoiva yritys ei täysin ymmärrä järjestelmän laajuutta tai sen toimintatapoja ennen implementointiprojektin aloittamista.

Marnewick & Labuschagne (2005) kirjoittavat ERP – järjestelmän implementoinnin sisältävän neljä erillistä kokonaisuutta. Nämä neljä kokonaisuutta ovat itse tietojärjestelmä, prosessin virtaus, asiakkaan mielentila sekä muutosjohtajuus. Tietojärjestelmä on näistä kaikista näkyvin osa, jota käytetään päivittäisessä työssä ja se usein mielletään koko järjestelmäksi. Prosessin virtauksella tarkoitetaan sitä informaation virtaa ja sen tapaa liikkua ERP – järjestelmän eri moduuleiden välillä. Tämä muodostaa erittäin tärkeän kokonaisuuden järjestelmän toiminnan ymmärtämisessä. Ennen järjestelmän implementointia tulee yrityksen prosessit mallintaa ja mahdollisesti mukauttaa ERP – järjestelmään sopiviksi. Usein ajatellaan, että uusi järjestelmä tuo itsessään tuloksia, mutta ERP – järjestelmä vain siirtää enemmän tietoa nopeammin, ja jos mitään toimintatapoja ei muuteta, liikuttaa järjestelmä huonoa ja vajavaista tietoa vain nopeammin. Tästä syystä on erittäin tärkeää ymmärtää tiedonkulun yhteydet ja mihin tietoa kussakin moduulissa käytetään. (Marnewick & Labuschagne 2005), (Wallace & Kremzar 2001)

Asiakkaan mielentilalla tarkoitetaan käyttäjien asenteita uutta järjestelmää ja toimintatapoja kohtaan. Käyttäjien tulee ymmärtää miksi ja miten järjestelmää tulee käyttää ja mitä hyötyjä siitä saadaan. Toisaalta näin suuren koko organisaation kattavan implementoinnin yhteydessä tarvitaan myös osastojen välistä yhteistyötä ja yhteisten päämäärien eteen työskentelyä. Näiden lisäksi, koska järjestelmän käyttäjät ovat myös järjestelmän implementoijia, tulee tämän jakson sisällä näille henkilöille usein lähes

tuplamäärä työtä. Tämän kaiken hyväksymiseen ja johtamiseen tarvitsee ymmärrys järjestelmän hyödyistä ja organisaation tavoitteista saada jalkautettua kaikille työntekijöille, muuten muutosvastustus saattaa hidastaa tai jopa kokonaan tuhota järjestelmän implementoinnin. (Marenwick & Labuschagne 2005), (Wallace & Kremzar 2001)

Viimeisenä muttei vähäisimpänä tulee muutosjohtajuus, jota tarvitaan tämäntapaisen järjestelmän ja ajatusmallien sekä muutosten läpiviennissä. On hyvin tärkeää, että käyttäjien muutosvastarintaa johdetaan oikealla tavalla, eikä tätä vain sivuuteta epäolennaisena asiana järjestelmän implementoinnissa. Henkilöstön vastarinnan lisäksi näin laajan projektin johtaminen vaatii myös projektin hallinnan ja aikataulun sekä päämäärien muutosten hallintaa ja johtamista. Lisäksi muutoksia tapahtuu myös bisnesprosesseissa sekä systeemissä, joten näiden muutosten oikea hallinta on erittäin tärkeää koko järjestelmän implementoinnin kannalta. Kaiken kaikkiaan johdon sitoutuminen ja esimerkin näyttäminen ovat ensiarvoisen tärkeitä asioita, jotta järjestelmän käyttöönotto sekä uudet toimintatavat saadaan käyttöön. (Marenwick & Labuschagne 2005), (Wallace & Kremzar 2001)

5. Tuotannon nykytila

Hyvinkään tehdasalueella sijaitseva teollisuusnostureiden nostovaunujen kokoonpanotehdas valmistaa nostovaunuja kolmeen erityyppiseen nosturiin. Vaunuja valmistetaan pääasiassa satamateollisuuteen sekä raskaaseen teollisuuskäyttöön. Tämän lisäksi vaunulinjalla valmistetaan osia ja osakokoonpanoja täysin uniikeille projekteille usean eri teollisuuden haaran pariin. Näistä kolmesta valmistettavista valmiista vaunuista jätteenkäsittelyn tarpeisiin valmistettavat Grablift- eli GL -vaunut ovat selkeästi pienin kokonaisuus tällä hetkellä ja varsinaista sarjatuotantoa käytetään satama- sekä prosessiteollisuuden nostovaunujen valmistuksessa. Pienemmän ja vaihtelevan kysynnän johdosta GL- vaunuja valmistetaan enemmän projektikohtaisesti, toisin kuin satama- sekä konepajateollisuuden tarpeisiin olevia standardoidumpia vaunuja.

Tässä työssä käsitellään ensisijaisesti prosessiteollisuuden sekä satamateollisuuden tarpeisiin valmistettavien vaunujen valmistusta. UM – vaunujen menekki on tällä hetkellä suurin ja niiden tuotanto on vasta alkanut. Näiden vaunujen tuotanto on kehittynyt viimeaikoina nopeasti, jolloin esimerkiksi vaiheketjujen ylläpito sekä vaiheaikojen päivittäminen ovat jääneet tekemättä. UM - vaunujen vuosittaiset myyntimäärät ovat 150 - 200 kappaleen luokkaa, kun taas satamateollisuuteen valmistettavien RTG/RMG vaunujen valmistusmäärät ovat noin reilut viisikymmentä kappaletta vuodessa. UM – vaunulinjalle luodut periaatteet tullaan siirtämään myös RTG/RMG – linjalle tietyin muutoksin. RTG/RMG nostovaunujen valmistus on jatkunut pidempään, mistä johtuen niiden tuotannossa käyttämät periaatteet ovat vakiintuneemmat kuin UM vaunuvalmistuksen puolella.

5.1 Kokoonpantavat tuotteet

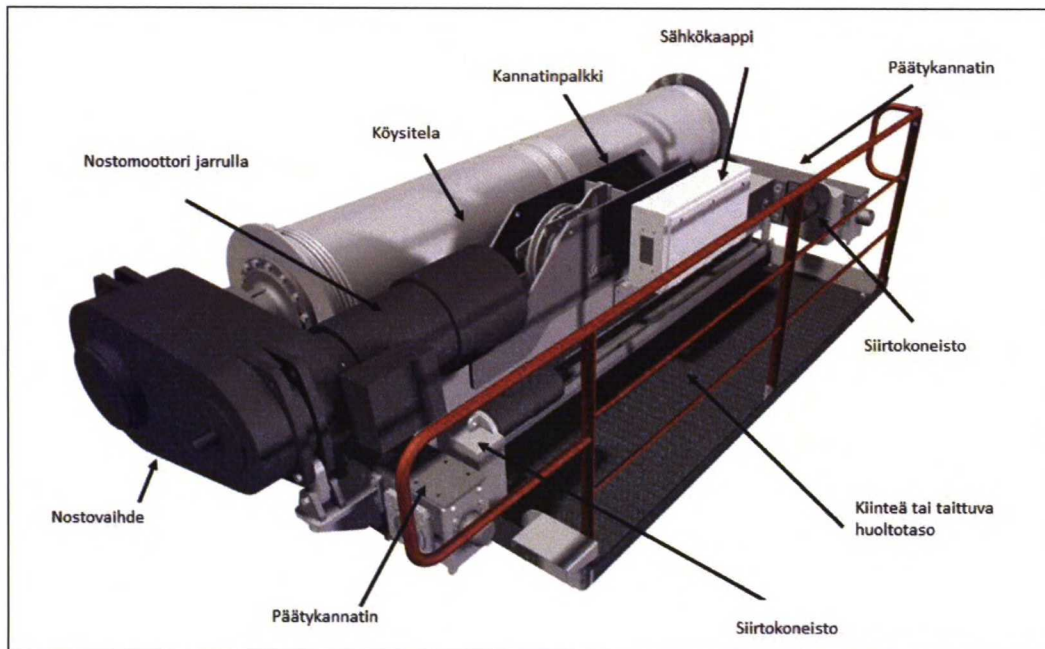
Hyvinkään vaunulinjalla valmistetaan kolmenlaisia nostovaunuja, joista prosessiteollisuuden tarpeisiin valmistettavia UM – vaunuja sekä satamateollisuuteen valmistettavia RTG/RMG – vaunuja valmistetaan omissa linjoissaan ja pienemmän menekin GL – vaunuja muutamalla asennuspaikalla. Tässä työssä on keskitytty ennen

kaikkea UM – vaunujen valmistuslinjan vaiheketjujen parantamiseen, jonka jälkeen samat periaatteet siirretään RTG/RMG – vaunulinjalle.

UM – nostovaunut ovat Smarton nostureihin tulevia nostovaunuja. Yhdessä Smarton nosturissa voi asiakkaan tarpeen mukaan olla 1-3 UM – vaunua. UM – nostovaunun rakenne on esitetty kuvassa 11, jossa on myös esitetty sen pääkomponentit. Vaunun pääkomponenteista sähkökaappi valmistetaan kokoonpanotehtaalla, kun taas nosto- ja siirtovaihteet sekä köysitelat tulevat Hyvinkään tehdasalueella kokoonpanotuotannon kanssa samalla tontilla toimivilta omilta tehtailta. Samoin päätykannattimissa olevat kantopyörät valmistetaan Hyvinkäällä omassa tuotannossa, ja myös pyörien asennus päätyihin sekä kannatinpalkin koneistus tehdään Hyvinkäällä. UM – nostovaunuja valmistetaan neljää eri kokoa ja niiden nostokapasiteetti vaihtelee 6,3 tonnista aina 250 tonniin yhdellä vaunulla. Kahdella vaunulla voidaan päästä aina 500 tonniin asti.

UM – vaunujen rakenne on modulaarinen ja niiden ratkaisut ovat suhteellisen standardeja, mutta asiakastyytyvyyden takaamiseksi vaunuista räätälöidään myös erikoisratkaisuja ja niihin lisätään varusteluosia ja erilaisia aputoimintoja asiakkaan tarpeiden mukaan. Vaunujen raidelevydet vaihtelevat 2400mm ja 6500 mm välillä. UM – vaunut ovat jaoteltu kokonsa mukaan luokkiin 17 - 20. Tämän lisäksi vaunulinjalla valmistetaan vielä UM – vaunun edeltäjänä toiminutta SM – vaunua tuoteperheen vaihdoksen yli.

Nostovaunujen lisäksi kokoonpanolinjalla valmistetaan myös nostokoukut vaunuille ja ne kiinnitetään kaikkiin köysitettäviin vaunuihin. Vaunulinjalla sijaitsevan köysityspaikan fyysiset ominaisuudet rajaavat köysitettävät vaunut siten, että suurimpia UM20 vaunuja ei köysitetä tehtaalla, vaan vasta nosturin toimituspaikalla. Vaihtoehtoisesti koukun sijasta voidaan toimittaa silmukkataa tai moottoroitu koukku.



Kuva 11 UM-nostovaunu (konecranes 2012b)

Rubber Tired Gantry eli RTG – nosturit ovat satamateollisuuden tarpeisiin tehtäviä konttinostureita. RTG nosturi on pyörillä liikkuva nosturi, jonka tehtävänä on pinota kontteja konttiterminaalien alueella. Niitä voidaan valmistaa joko kahdeksan tai 16 - pyöräisinä. Rail Mounted Gantry eli RMG on konttinosturi, joka kulkee kiskoilla ja soveltuu erityisen hyvin siis rekkojen sekä junien väliseen konttienhallintaan konttiterminaleissa. RTG- sekä RMG - vaunuja valmistetaan samalla linjalla ja kooltaan sekä rakenteeltaan ne ovat hyvin samankaltaisia. RMG – vaunun kokoonpano vaatii kuitenkin enemmän asennustunteja ennen kaikkea vaativamman sähköistyksen vuoksi. (Konecranes 2012)

RTG- sekä RMG- nostovaunut ovat suhteellisen vakioituja tuotteita ja muutoksia tuoterakenteeseen tai varusteluun tulee hyvin harvoin. Näiden vaunujen pääkomponentit ovat pääosin samoja kuin UM – nostovaunuissakin, tosin niiden runko on yhtenäinen teräsrakenne ja nostoteloja sekä – koneistoja on kaksi vaunua kohden. Tämän lisäksi vaunuissa on apuvinssit sekä mahdollisesti ne voidaan varustella myös huoltonostimella tai muilla varusteluosilla.

5.2 Layout

Tässä kappaleessa kuvataan Hyvinkään nostovaunujen tuotantolinjojen layout ja materiaalivirrat. Ensiksi kuvataan pienempien UM – vaunujen kokoonpanolinjan layout sekä tuotannon eri vaiheet. Tämän jälkeen kuvataan satamateollisuuden tarpeisiin tehtävien nostovaunujen kokoonpanolinja. Tämän lisäksi kappaleessa arvioidaan tulevaisuudessa molempien tuotantolinjojen läpi kulkevien tuotteiden määrää sekä arviot tulevaisuudessa tarvittavasta tuotantokapasiteetista.

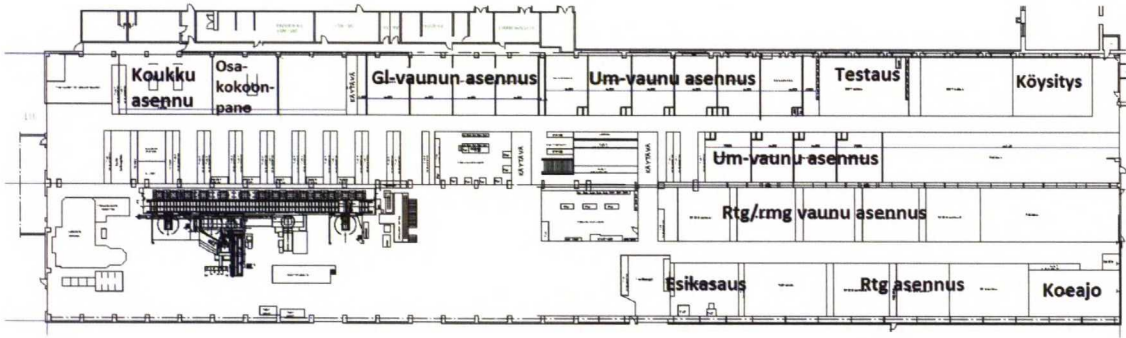
5.2.1 UM – nostovaunujen kokoonpanolinja

UM – vaunujen kokoonpano on tällä hetkellä jaettu mekaaniseen – sekä sähköiseen kokoonpanoon, vaunun testaukseen ja viimeiseksi köysitykseen. Tämän lisäksi tuotannossa on erillisenä kokonaisuutena sekä omina soluinaan vaunun sähkökaapin – sekä koukun kokoonpanot. Tuotannonsuunnittelun pohjana käytetään kuitenkin ERP – järjestelmässä erilaista kokoonpanon mallia, jossa valmistavia soluja on kolme. Nämä solut ovat, mekaaninen – sekä sähköinen asennus (c_sm_asen), osakokoonpano (c_sm_osakp) sekä koukun kokoonpano (c_sm_koukku). Solujen nimet johtuvat tällä linjalla aiemmin yksinomaan valmistetuista vaunuista, joita kutsuttiin SM – vaunuiksi ja joita vieläkin vähenemässä määrin valmistetaan. Tällä hetkellä siis tuotannon tila on ERP – järjestelmässä kuvattu eri tavalla kuin mitä se todellisuudessa on.

Sähkökaappien kokoonpano-, testaus- sekä köysityssolujen lisäämisestä järjestelmään on keskusteltu jo aiemmin ja ne tullaan lisäämään nykyiseen ERP – järjestelmään osana tätä työtä. Tämän lisäksi osakokoonpanosolun käyttöönotosta on myös ollut puhetta ja se tullaan luultavasti lähiaikoina ottamaan käyttöön. Näiden muutosten jälkeen käytäntö sekä ERP – järjestelmän tila vastaisivat solujen osalta toisiaan.

Tämän hetkinen vaunutehtaan layout näkyy kuvassa 12. Kuvan vasemmassa alareunassa näkyvä FMS – järjestelmä valmistaa vaihteiden koteloita ja kuuluu siis vaihdetehtaan ohjauksen alle. RTG-/RMG -vaunut ovat satamateollisuuteen valmistettavien nostureiden vaunuja ja niiden linja toimii itsenäisesti toisista linjoista, joskin työvoiman tasoittamista voidaan toisinaan linjojen kesken tehdä. Layout piirustukseen on piirretty

jo aiemmin suunniteltu sekä ERP – järjestelmäänkin lisätty osakokoonpanosolu, jonka käyttöönottoa kuitenkin vielä odotetaan. Tuotannon materiaalivirrat ovat nykyiselläänkin hyvin selkeät ja tuotannon tilan voi nähdä selkeästi ja nopeasti linjasta. Tuotantoa selkeyttää myös nykyään lattiaan piirrettyjen asennuspaikkojen rajat sekä tuotantolinjan siisteys ja järjestys.



Kuva 12 Vaunulinjan layout (Sainio N., 2011)

Niko Sainion tekemästä diplomityöstä ”Teollisuusnosturin vaunun kokoonpanon mallinnus ja kehittäminen”, joka on tehty vuoden 2011 aikana, selviää UM – nostovaunujen tuotantolinjan nykytila ja monet sen ongelmakohtista. Vaikka vaunulinjaa on sittemmin muutettu ja kehitetty mm. työssä esitettyjen suositusten mukaan, on tutkimuksessa paljon vieläkin ajankohtaista ja selventävää tietoa. (Sainio N.,2011)

Sainion vaunulinjalle tekemien simulaatioiden mukaan sen hetkinen tuotannon tila antoi vuosituotannoksi UM-puolella 174 vaunua, jolloin koeajo-paikan kuormitus oli 88 %. Sen hetkinen teoreettinen simulaatio, jossa oletettiin osien olevan ajallaan saatavilla sekä tuotannon häiriötöntä, antoi vuosituotannoksi 255 vaunua ja tällöin rajoittavana tekijänä oli nimenomaan koeajo-paikka, jonka käyttöprosentti oli 100 %. Vuoden 2012 vuosituotanto oli noin 170 vaunua, ja vuoden 2013 kapasiteetti on suunniteltu alustavasti reilulle 200 vaunulle. (Sainio N.,2011)

Sainion (2011) simulaatiomalleissa käytettävissä oleva työvoima oli viisi mekaniikka - ja viisi sähköasentajaa, ja rinnakkaisia mekaanisia kokoonpanopaikkoja oli vain kolme. Tällä hetkellä UM-puolella työskentelee kuudesta seitsemään mekaniikka asentajaa sekä

kuusi sähköasentajaa (viisi ja yksi koeajaja, kuten simuloinnissa) ja kokoonpanopaikkoja on kymmenen. Tämän lisäksi Sainion simulaatiomalleissa ei ollut otettu vaiheajojen vaihtelua huomioon. Edellä mainitut asiat vaikuttavat ruuhkauttavasti linjan rajoitettuun ja pullonkaulana toimivaan testaus työvaiheeseen. Tällä hetkellä tuotannonohjauksen epätarkkuuden takia, koeajopaikka saattaa olla monta päivää käyttämättömänä, jonka jälkeen sen eteen muodostuu jono. Tämä tapahtuu usein loppuviikosta, johon lähes kaikkien vaunujen valmistuminen tällä hetkellä ajoitetaan. Vaunujen ja osien ajoituksesta on kerrottu tarkemmin seuraavassa kappaleessa. (Sainio N., 2011)

Tuotannon selkeänä pullonkaulana toimii siis testaus, mutta systeemin pullonkaula saattaa silti tällä hetkellä olla materiaalien oikea-aikainen saatavuus. Tämä siitä syystä, että usein materiaalien puuttuminen aiheuttavat enemmän odotusaikaa sekä myöhästymiä kuin mitä testauksen hitaus aiheuttaa. Tähän ongelmaan voidaan vaikuttaa tuotannosta käsin osien saapumisen paremman ja tarkemman ajoituksen sekä töiden oikea-aikaisen aloituksen avulla. Näihin seikkoihin taas pyritään vaikuttamaan vaiheketjuja selkeyttämällä ja parantamalla sekä toimintatapoja muuttamalla niin tuotannossa kuin tuotannonohjauksessakin että töiden ajoituksissa.

Sainion työssään (Sainio 2011) esittelemä osakokoonpanosolu laskisi läpimenoaikoja ajoittamalla tällä hetkellä peräkkäisiä työvaiheita samanaikaisesti tehtäviksi. Tämän lisäksi osakokoonpanosolu selkeyttäisi ja nopeuttaisi komponenttien keräilyä, joka voisi tapahtua keskitetympään solun toimiessa. Myös asentajilta saamani palautteen mukaan osakokoonpanosolu selkeyttäisi, nopeuttaisi ja parantaisi kokoonpanoa ja olisi siis erittäin tervetullut. Solu on jo luotu iLM -järjestelmään ja sinne ohjataan ainakin osasta vaunuja köysipyöräpakkoja, vapaiden päiden kokoonpanoa, virtarautoja sekä joitakin rajapaketteja. Tässä on kuitenkin vielä eroja, eikä työsuunnittelijoillekaan järjestely ole aivan selvä tällä hetkellä. Minne osat kulloinkin ohjataan, riippuu käytetyistä vaiheketjuista ja niiden käytössä on vielä eroavaisuuksia työsuunnittelijoiden käytäntöjen kuin myös vaunujen välillä. Nykyään saatetaan siis ohjata tiettyjä osia valmistettaviksi soluun, jota ei todellisuudessa käytetä.

5.2.2 RTG/RMG – nostovaunujen kokoonpanolinja

RTG:n asennuslinja eroaa UM vanulinjasta siinä, että vaunujen köysitys tapahtuu samalla paikalla vaunun testauksen kanssa, eikä näin erillistä köysityssolua ole. Lisäksi RTG – puolella mekaaninen esikokoonpano sisältää hieman eri toimia ja on toiminnassa, toisin kuin UM puolella oleva mekaaninen esikokoonpano – solu, jonka käyttöönottoa vasta suunnitellaan. Tämän lisäksi RTG – linjalla olevassa sähköisessä esikokoonpano – solussa ei kytketä sähkökaappeja kuten UM puolella, vaan siellä valmistellaan nostomoottori ja muut vaunuun tulevat koneistot. RTG – linjalla on kahdeksan kokoonpanopaikkaa vaunuille.

Materiaalivirta ja kokoonpanon vaiheet ovat kuitenkin hyvin samanlaisia UM nostovaunujen kokoonpanon kanssa. RTG/RMG nostovaunujen kysyntä on ollut huomattavasti tasaisempaa kuin UM nostovaunujen. Tämän ja pidempien valmistuksen vaiheaikojen johdosta, RTG/RMG linjan tuotannon kuorma on tasaisempaa kuin UM puolella, jossa kysyntä heittelee enemmän ja sen muutokset vaikuttavat nopeammin tuotantoon. RTG/RMG nostovaunujen vuosittaiset valmistusmäärät ovat pysyneet viimeaikoina myös suhteellisen tasaisina, joskin niiden välinen kysyntä on vaihdellut jonkin verran. Pääasiallisesti tällä linjalla työskentelee kahdeksan mekaanista sekä kahdeksan sähköistä asentajaa. Tosin GL nostovaunujen valmistuksesta neljä sähköasentajaa työskentelee myös RTG/RMG nostovaunujen parissa, kun GL nostovaunuille ei ole tilauksia.

5.3 Kokoonpano

Tässä kappaleessa käydään läpi nostovaunujen kokoonpanon nykytila ja kokoonpanon vaiheet ja niiden järjestys. Ensiksi selvitetään UM nostovaunujen kokoonpano nykytilassa ja tämän jälkeen käydään läpi RTG- sekä RMG -nostovaunujen kokoonpanon vaiheet.

5.3.1 UM nostovaunun kokoonpanon nykytila

Vaunujen kokoonpanolle ei tällä hetkellä ole määrätty mitään kokoonpanojärjestystä, eikä kokoonpanotyötä ole muutenkaan ohjeistettu kovin tarkasti. Tämä on johtanut

siihen, että eri asentajilla on hieman erilaiset käytännöt ja he suorittavat työvaiheet hieman eri järjestyksessä. Kokoonpanojärjestys riippuu nykyään useimmiten kuitenkin siitä, mitkä osat saatavilla. Jos kaikki osat ovat saatavilla, yleisin ja suosituin mekaaninen kokoonpano seuraa seuraavia neljää ajallisesti suhteellisen samansuuruista päävaihetta: Taittopyöräpalkin kokoonpano ja päätyjen asennus, varusteluosien kiinnitys ja rasvaputkitus, nostokoneiston kokoonpano sekä sen ja siirtokoneistojen kiinnitys, viimeistelytyöt (rajojen asennus, öljyn ja rasvan lisäys, kaapelikourujen asennus, puskurien ja suojafelttien asennus, paikkamaalaus jne.) ja huoltotason sovitus.

Vaunun mekaanisen kokoonpanon jälkeen vaunu sähköistetään samalla kokoonpanopaikalla sähköasentajien toimesta. Sähköasentajat kasaavat vaunun sähkökaapin omassa solussaan vaunun mekaanisen kasauksen kanssa samanaikaisesti. Vaunun sähköistyksen jälkeen vaunun valmistuksen seuraava vaihe on koeajo. Vaunun koeajaja tekee liitântöjen tarkastuksen sekä koeajolaitteen asetukset ennen kuin siirtää vaunun koeajoon. Koeajon jälkeen vaunu siirretään köysitykseen, jonka jälkeen se on valmis pakattavaksi.

Tällä hetkellä yleisimmät syyt vaunujen seisomiseen linjassa sekä läpimenoaikojen vaihteluun ovat: Osien puute, väärät osat, suunnitteluvirheet, työntekijöiden siirtäminen kiireellisempien vaunujen luokse tai koeajopaikan ruuhkaisuus. Viimeaikoina suunnitteluvirheiden tunnistamiseen ja poistamiseen on panostettu enemmän ja tuloksiakin alkaa jo näkyä. Näiden syiden lisäksi vaunut toisinaan odottavat sähköistystä, joko sähkökaapin valmistuksen viivästymisen vuoksi tai sähköasentaja pulan vuoksi. Pois lukien suunnitteluvirheet sekä osiltaan osien puutteet, johtuvat muut vaunuja viivästyttävät poikkeukset vaunulinjan ohjauksen riittämättömästä tarkkuudesta. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotannonohjausta parantamalla ja tarkentamalla voidaan näihin ongelmiin löytää ratkaisut ja näin edesauttaa tuotannon läpimenoaikojen lyhentämistä sekä niihin sitoutuneen pääoman pienentämistä.

5.3.2 RTG ja RMG nostovaunujen kokoonpanon nykytila

RTG- sekä RMG -vaunujen kokoonpano tapahtuu samalla linjalla ja niiden kokoonpanot noudattavat samoja vaiheita sekä kokoonpanojärjestystä. Nostovaunun kokoonpano

alkaa kokoonpantujen päätyjen kiinnittämällä vaunun runkoon. Tämän jälkeen päädyt varustellaan sekä kiinnitetään vaunun runkoon huoltotasot, kaiteet sekä kaapelitiet. Seuraavaksi runkoon kiinnitetään esikasatut nostokoneistot sekä siirtomoottorit ja apuvinssit. Nostokoneistoon liitetään lisäksi nostotelat, minkä jälkeen vaunun mekaaninen kokoonpano on valmis.

Mekaanisen kokoonpanon jälkeen ja mahdollisesti osittain päällekkäin sen kanssa alkaa samalla kokoonpanopaikalla nostovaunun sähköistys. Tämä vaihe voidaan jakaa kahteen vaiheeseen, kaapelien kytkemiseen koneistoihin sekä vaunun kojekaapin kytkemiseen. Nostovaunun sähköistyksen jälkeen vaunu siirretään koeajopaikalle, jossa se koeajetaan sekä köysitetään. Koeajon suorittavat sähköasentajat, kun taas köysityksen suorittavat mekaniikka asentajat.

Nostovaunun kokoonpanon lisäksi RTG/RMG linjalla suoritetaan sekä mekaanista - että sähköistä esityöstöä. Mekaanisella esikokoonpanon asennuspaikalla suoritetaan nostovaihteen, -kytkimen sekä jarrun ja nostorajapaketin kokoonpanot. Sähköisesti kytketään kaikki koneistot sähkön esikokoonpanopaikalla sekä suoritetaan kaapeleiden katkominen. Nämä esivalmistellut osakokoonpanot viedään tämän jälkeen kokoonpanon asennuspaikalle, jossa ne kiinnitetään edellä kuvatussa järjestyksessä nostovaunuun.

5.4 Tuotantolinjan tasapaino

Kuten kappaleesta 2.2 käy ilmi, on tuotannon tasapaino sekä sen tasapainottaminen erittäin tärkeää läpimenoaikojen että kapasiteetinhallinnan parantamiseksi. Tasapainotetussa tuotannossa odotusajat ovat minimaaliset ja tuotannon virta on tasainen ja materiaalivirta voidaan pitää mahdollisimman ohuena. Kuten sekä Ford että Ohno ovat todenneet, tulisi jokaisessa tuotannossa olla sen tasapainottamiseksi kehitetty ja keskitetty prosessi. Tähän ei kuitenkaan voida päästä ilman, että tuotannosta saadaan tarpeeksi tietoa, jonka avulla voidaan tutkia sen tasapainoa. Tällä hetkellä nostovaunujen kokoonpanolinjoista ei saada solukohtaisia kuormitustilanteita, eikä edes solukohtaisia kapasiteettitarpeita, joten tuotannon tilanteen analysointi on erittäin hankalaa. Nykyisin tuotannon tasapainoa seurataan ainoastaan kahden eri työvoiman, mekaniikkojen sekä sähköasentajien välillä. Näin ollen ensimmäisenä tulisi saavuttaa tilanne - johon tämän

työn avulla pyritäänkin - jossa tuotannosta saataisiin tuotannon tasapainotilanteen vaatimat tiedot käyttöön. Tämän jälkeen tulisi kehittää prosessi tuotannon tasapainon parantamiseksi.

Solukohtaisella työsuunnittelulla saadaan solujen kapasiteettitarpeet sekä kuormitustilanteet selville, jonka jälkeen voitaisiin esimerkiksi seurata osakokoonpanosolun käyttöönoton vaikutusta tuotantoon ja sen tasapainoon UM nostovanulinjalla. Näillä tiedoilla voitaisiin myös selvittää tarkemmin päällekkäisten työvaiheiden ajoitukset ja sen avulla määrittää jokaiselle työvaiheelle oikea kapasiteetti. Saatujen tietojen avulla voidaan myös helpommin mallintaa eri tilanteet ja tehdä simulaatiokokeiden avulla mallinnuksia mm. eri kapasiteettitilanteista ja uusien tuotteiden ottamisesta tuotantoon. Hyvinkään nostovaunutehtaalle on tulossa lähiaikoina ainakin yksi uusi tuote ja tulevaisuudessa mahdollisesti jopa useampia. Tällöin tuotannon tasapainotilan avulla voitaisiin työvoimaa siirtää tarvittaessa uusien tuotteiden kokoonpanoon oikea määrä ja koko tehtaan kapasiteettimäärä saataisiin myös paremmin hallintaan.

5.5 Nykyinen ERP – järjestelmä ja sen käyttö

Tällä hetkellä Konecranesilla on käytössään sen omiin tarpeisiin luotu iLM - tuotannonohjausjärjestelmä, joka on käytössä yrityksen kaikissa toimipisteissä ympäri maailman. Järjestelmä on luotu Oraclen 1990-luvun alussa julkaiseman kaupallisen järjestelmän pohjalta. Siitä kehitettiin ensimmäinen versio Konecranes Standard Lifting OY:n tarpeisiin vuonna 1995. Tämän jälkeen vuonna 2002 siitä ilmestyi Windows-alustalle soveltuva versio ja nykyinen verkossa toimiva iLMWeb – versio tuli käyttöön vuonna 2008. (Konecranes 2012)

Kuten johdanto-kappaleessa kävi ilmi, on Konecranes siirtymässä uuden ERP – järjestelmän käyttöön. Tätä muutosprosessia ohjaa Origo – projekti, joka on jo käynnissä ja osa konsernin toimipisteistä onkin jo siirtynyt uuden ERP – järjestelmän käyttöön.

Nykyisessä ERP -järjestelmässä vaiheketjut luodaan erikseen, jonka jälkeen materiaalit osoitetaan näille valmiiksi tehdyille vaiheketjuille. Jokainen valmistettava osa on liitettävä johonkin vaiheketjuun, joka osoittaa tämän työn jollekin määrätyle solulle. Näin kaikki tehtävä työ ohjataan haluttuun soluun, jonka työjonosta se poimitaan valmistettavaksi. Nykyisessä ERP -järjestelmässä vaiheketjulle osoitettu materiaali kulkee vaiheketjun kaikkien vaiheiden kautta, ohjaten näin tämän materiaalin kaikkien vaiheiden määräämiin soluihin. Tämä ei todellisuudessa vastaa kokoonpanotuotantoa, jossa jotkin materiaalit ja osakokoonpanot vaaditaan vasta kokoonpanon loppupuolella, ja jossa kaikki osat eivät kulje kaikkien vaiheiden läpi. Tästä syystä tällä hetkellä esimerkiksi vaunun vaiheketju sisältää ainoastaan yhden vaiheen ja kaikille muille valmistettaville osille on luotu omat vaiheketjunsä.

Nykyisessä ERP – järjestelmässä voidaan materiaalit ajoittaa vaiheketjun tietyille vaiheille osakokoonpanojen kautta. Tällöin materiaali ajoittuu tämän vaiheen alkuun ja osan ajoitus voidaan näin sitoa sen ylemmän tason osakokoonpanon vaiheketjuun. Osakokoonpanon osia voidaan siis ajoittaa sen vaiheketjun tietyille vaiheille niiden todellisen tarpeen mukaan. Tämä ei kuitenkaan ohjaa materiaalia mihinkään valmistavaan soluun, vaan muuttaa ainoastaan osan tai alikokoonpanon ajoitusta. Tästä syystä alikokoonpanot täytyy liittää omille vaiheketjuilleen, vaikka ne ajoitettaisiinkin ylemmän tason vaiheketjun avulla. Tällä hetkellä ei käytetä materiaalien ohjaamista vaiheittain, vaan kaikki materiaali ohjautuu oletusarvojen mukaisesti vaiheketjun ensimmäisen vaiheen alkuun. Tämä on aivan luonnollista, sillä nykyiset vaiheketjut ovat lähes kaikki yksivaiheisia.

5.5.1 UM-nostovaunujen työsuunnittelu ERP -järjestelmässä

UM-vaunujen työsuunnittelussa on käytössä seitsemän erilaista vaiheketjua tuotannon ohjaamiseksi. Nämä kaikki vaiheketjut yhtä lukuun ottamatta sisältävät ainoastaan yhden vaiheen. Tämän lisäksi niiden vaiheajat ovat viisi tai kymmenen päivää, joten osien ajoitusten tarkkuus ei ole kovinkaan hyvä. Nykyisessä ERP- järjestelmässä ei ole mitään tapaa ryhmitellä tai saada näkyviin vaunulinjalla käytettäviä vaiheketjuja, vaan ne täytyy selvittää muuta kautta. Ainoa tapa etsiä vaiheketjuja on niiden haku nimen

mukaan, ja kun tällä hetkellä käytössä olevien vaiheketjujen nimet vaihtelevat suuresti, on niiden etsiminen erittäin työlästä. Osittain tästä syystä, työntekijät käyttävät eri vaiheketjuja ja niiden käyttö vaihtelee tilausten välillä.

Koska vaunujen Bill Of Materials (BOM), joka ohjaa valmistettavien osakokoonpanojen määrän järjestelmässä, ei noudata suoraan vaunun kokoonpanon vaiheita, joudutaan tietyille osakokoonpanoille luomaan vaiheketjuja, jotka eivät täysin kuvaa todellisuutta. Esimerkiksi vaunun BOM tuo yhtenä kokonaisuutena vaunun nostokoneiston. Tätä kokonaisuutta ei kuitenkaan kasata erikseen valmiiksi, vaan todellisuudessa momenttituet ja muut varusteluosat kiinnitetään ensin muiden osakokoonpanojen varusteluosien kanssa vaunun runkoon, jonka jälkeen nostokoneisto voidaan vasta liittää vaunuun. Tästä syystä vaiheajojen hajottaminen todellisuutta kuvaamattomien vaiheketjujen päälle on erittäin hankalaa. Lisäksi vaunun kokoonpanon todellinen vaiheketju jää hämärän peittoon, koska kaikki vaiheet on siroteltu erillisten vaiheketjujen päälle, jotka eivät kuvaa todellista kokoonpanoa. Näille erillisille vaiheketjuille ei voida luoda mitään yhteyksiä. Esimerkiksi päällekkäisten vaiheiden vaiheketjuja ei voida yhdistää toisiinsa mitenkään.

Tällä hetkellä vaunujen vaiheketjut on ajoitettu viikkojen tarkkuudella ja alemman tason vaiheketjut, kuten nostokoneiston kasauksen vaiheketju, on ajoitettu päivien tarkkuudella. Kuten aiemmassa kappaleessa mainittiin, eivät vaunulinjan solurakenteet ILM – järjestelmässä eivätkä käytännössä tällä hetkellä täysin vastaa toisiaan. Työsuunnittelijoilla ei ole yhteisiä sääntöjä käytettävistä vaiheketjuista, jonka takia tietyt osat ja osakokonaisuudet ohjataan toisinaan eri soluihin eri vaiheajoilla. Töiden ja osien ajoituksista ja niitä ohjaavista käytännöistä kerrotaan lisää seuraavassa kappaleessa.

Kaikki valmistettavat osat siirtyvät soluihin, joista ne valmistuksen aikana tulee raportoida sekä aloitetuiksi että valmiiksi. Tällä hetkellä tämä raportointi on kuitenkin irrallaan tuotannosta ja se tapahtuu ainoastaan työnjohtajan toimesta. Käytännössä työnjohtaja merkitsee kaikki vaiheet aloitetuiksi, kun hän tulostaa työmääräimet. Tämä saattaa tapauksesta riippuen olla jopa viikkoja ennen todellisen valmistuksen alkamista. Osat ja osakokoonpanot merkitään myös kaikki samaan aikaan työnjohtajan toimesta

valmiiksi, kun vaunu on kokonaisuudessaan valmistunut. Tämä hämärtää järjestelmästä kerättävän datan laatua ja esimerkiksi vaunujen todellisia läpimenoaikoja ei saada järjestelmästä ulos.

Tämän hetken tilanteen sekavuudesta ja raportointikäytännöistä kertoo jotain se, että UM - vaunulinjan solun työjonossa on kirjoitushetkellä merkittynä aloitetuksi 17 vaunua, kun tosiasiassa vaunuja on linjalla työn alla 11. Ylimääräisistä vaunuista osan aloituspäivä on merkattu vasta viikkojen päähän, mutta vaunut on järjestelmässä jo merkattu aloitetuksi. Tämä vääristää järjestelmästä kerättyä tietoa, ja tunnuslukujen kerääminen on turhaa ja harhaanjohtavaa. Vaunuja siis aloitetaan sekä järjestelmässä että käytännössä usein liian aikaisin. Vaunujen aloitus liian aikaisin käytännössä johtuu osaltaan siitä, että työnjohtaja tekee tehdastasolla kapasiteetinhallintaa eikä noudata tehtyjä aikatauluja. Tämä on ymmärrettävää, sillä aikataulut ovat tällä hetkellä sen verran epätarkkoja ja muutoksille alttiita, että tämäntapainen toiminta tuntuu järkevältä ja onkin ainoa tapa saada pyydetty vaunut ajallaan valmiiksi. Työnjohtajat ovat raportointivelvollisia tuotannon tilasta, jonka takia he mielellään aloittavat työt hyvissä ajoin, jotta mahdollisten tuotannossa esiintyvien ongelmien vuoksi tilaukset eivät kuitenkaan myöhästyisi.

ILM – järjestelmässä on joitakin kapasiteetinhallintaa tukevia toimintoja ja esim. solujen kuormitustilanteen näkee ”valmistusohjelma, solu/viikkomatriisi”-raportin takaa. Tämä ei kuitenkaan tällä hetkellä anna oikeaa tietoa tuotannon tilasta. Osiltaan raportointikäytäntöjen takia ja osiltaan siksi, että ILM laskee solujen kuormitustilanteen vaiheketjujen päälle laitettujen kapasiteettiaikojen mukaan, eikä vaiheajien mukaan. Vaiheketjuja luotaessa niille annetaan vaiheajat ja lisäksi niille voidaan laittaa kapasiteettiajat, joiden mukaan kuormitustilanteet lasketaan. Tällä hetkellä vaunulinjalla käytettävissä vaiheketjuissa ei ole säännöllisesti käytetty kapasiteettiaikoja, joten ILM:n kuormitustilanelaskelmat nostovaunutehtaan osalta eivät kuvaa todellisuutta.

5.5.2 RTG- ja RMG -nostovaunujen työsuunnittelu ERP -järjestelmässä

RTG – sekä RMG -nostovaunujen työsuunnittelu on, kuten niiden kokoonpanotuotantokin, UM -nostovaunujen työsuunnittelua selkeämpää ja vakiintuneempaa. Toisin kuin UM-puolella, on RTG/RMG -työsuunnittelussa kaikilla työsuunnittelijoilla samat säännöt ja periaatteet, joita noudatetaan. Tämä johtuu osin siitä, että RTG- ja RMG -vaunujen työsuunnittelussa voidaan huomattavasti useammin käyttää vanhoja tuoterakenteita, kuin UM-työsuunnittelun puolella, jossa usein joudutaan luomaan uusia osakokoonpanoja ERP – järjestelmään.

RTG/RMG -puolella käytettäviä vaiheketjuja on RTG16 – sekä RMG vaunuille kolme erilaista ja lisäksi RTG8 -työsuunnittelussa käytetään kahta muuta. Yhteensä erilaisia käytettyjä vaiheketjuja on siis ollut viisi. Erilaisen tuoterakenteensa ansiosta RTG/RMG -nostovaunuilla on huomattavasti vähemmän osakokoonpanoja, jotka pitää ohjata valmistaviin soluihin. Aivan kuten UM-puolellakin, kaikki nämä vaiheketjut ovat yksivaiheisia, eivätkä siis ole kuvanneet nostovaunujen kokoonpanoa erityisen tarkasti. Lisäksi myös RTG/RMG -puolella vaiheajat ovat hyvin suurpiirteisiä ja ne ovat myös osin vanhentuneita. RTG/RMG -nostovaunujen puolella on tähän asti käytetty ERP – järjestelmässä ainoastaan yhtä solua, johon kaikki kokoonpanotyö on ohjattu. Raportointi on työnjohtajan vastuulla ja valmiiksi sekä aloitetuksi raportoinnit eivät aina vastaa todellisuutta.

Toisin kuin UM työsuunnittelun puolella, RTG/RMG työsuunnittelussa käytetään osien ajoituksessa iLM – järjestelmässä osaluetteloiden yhteydessä puskuriaikoja ajoittamaan osat tarkemmin kuin mitä ne vaiheketjujen perusteella ajoittuisivat. Näissä käytännöissä on myös ollut jatkuvuutta kaikkien työntekijöiden osalta, vaikkakin RTG8 -työsuunnittelussa puskuriaikoja on käytetty huomattavasti vähemmän kuin RTG16- sekä RMG -nostovaunujen työsuunnittelussa. Näin on vajavaisista vaiheketjuista huolimatta osia pystytty ajoittamaan tarkemmin, eivätkä ajoitukset ole olleet samalla tavalla pielessä kuin UM puolella. Toisaalta kaikkien osien ajoitukset eivät siltikään ole kohdillaan vaunun valmistuksen aikoihin nähden. Tästä esimerkkinä huoltotasot, jotka

on puskuriajoin ajoitettu viikko nostovaunun kokoonpanon aloittamisen jälkeen. Todellisuudessa huoltotasoa tarvitaan tuotannossa jo muutaman päivän jälkeen vaunun kokoonpanon aloituksesta.

5.6 Töiden ajoitus

Tällä hetkellä töiden ajoitukset vaihtelevat etenkin UM puolella käytetyistä vaiheketjuista johtuen jonkin verran tilausten välillä. Vaiheketjujen vaihtelu taas johtuu työsuunnittelijoiden erilaisista rutiineista. Tällä hetkellä työsuunnittelijoilla ei ole yhteisiä ohjeita tai yleistä linjaa vaiheketjujen käytöstä, mikä johtaa siihen, että eri osat voidaan laittaa eri vaiheketjujen päälle. Tämän lisäksi vaiheketjut ovat kaikki yksittäisiä yhden vaiheen kokonaisuuksia, jolloin koko vaunun vaiheketjun hahmottaminen on hankalaa. Toisinaan vaunun osakokoonpanoille asetetaan puskuriaikoja korjaamaan vaiheketjujen peräkkäisyydestä johtuvia ajoitusvirheitä. Myöskään puskuriaikojen käytölle ei ole yhteisiä sääntöjä, joten niiden käyttö samoin kuin vaiheketjujen valinta ovat työsuunnittelijan päätettävissä.

Tämä johtaa siihen, että vaiheaikojen vaikutus työvaiheiden ajoituksessa on hyvin epäselvä ja osien ajoituksien hahmottaminen on hankalaa. Lisäksi tämä jättää vielä mahdollisuuden inhimillisille virheille, koska eri henkilöt ajoittavat työt eri tavalla. Työsuunnittelijoilla ei tällä hetkellä ole yleisiä ohjeita tai yhteistä käytäntöä vaiheketjujen käytöstä, jonka takia vaunujen eri kokoonpanovaiheita laitetaan toisinaan eri vaiheketjujen päälle, jolloin myös niiden valmistamiseen käytettävät solut ja vaiheajat muuttuvat. Nykyään työnjohtaja tulostaa työmääräimet kaikista soluista ja toimittaa paperiset versiot työmiehille. Tästä syystä se, että osia ohjataan väärin soluihin ja soluun jota käytännössä ei käytetä, ei vaikuta tuotantoon. Tulevaisuudessa, kun pyritään saamaan työntekijät seuraamaan suoraan ERP – järjestelmästä solujen työjonoja, on erittäin tärkeää, että osat ohjataan oikean vaiheketjun kautta oikeaan soluun. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kaikille työsuunnittelijoille tehdään yhteiset säännöt ja myös tiedotetaan kaikista valittavissa olevista vaiheketjuista ja niiden käyttötarkoituksista. Näin saadaan yhteiset käytännöt voimaan ja vaiheketjuja käytetään niin kuin ne on suunniteltu käytettäväksi.

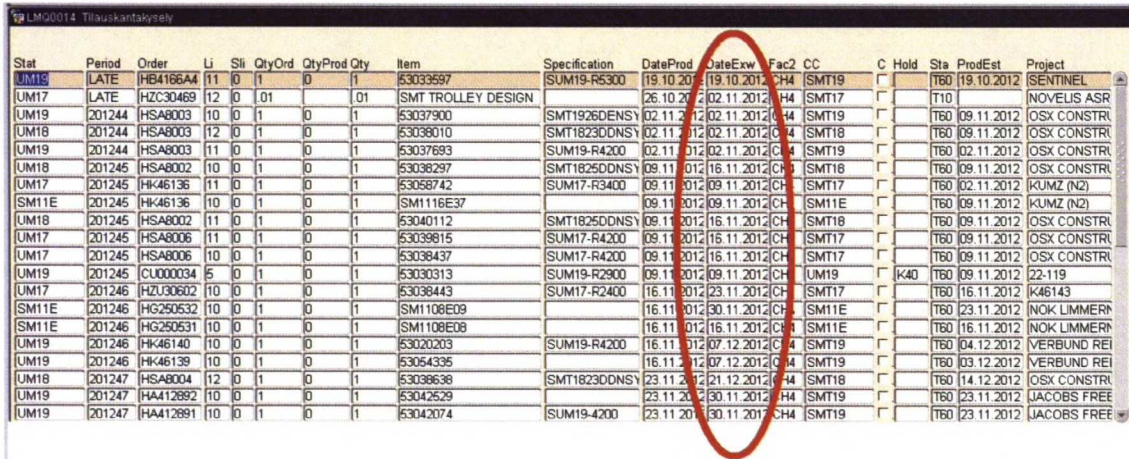
RTG/RMG – puolella tuotannonohjaus ja töiden ajoitus on ollut säännönmukaisempaa, eivätkä eri työntekijät ole käyttäneet eri vaiheketjuja tai ajoittaneet osia eri tavalla. Tällä puolella vaiheketjut ovat kuitenkin samantapaiset kuin UM – puolellakin ja siksi niiden hajanaisuus aiheuttaa ajoitusten kanssa ongelmia. Näitä ongelmia on pyritty minimoimaan puskuriajoin, ja jossain määrin niillä onkin saatu ajoituksia todenmukaisimmiksi.

Osien ajoitukset eivät siis ole yhtä väärin kuin mitä UM puolella oli, mutta muutamia huomioitavia seikkoja voidaan kuitenkin poimia. Ensinnäkin huoltotasojen ajoittaminen viikko rungon saapumisen jälkeen ei ole oikeutettua, sillä ainoastaan päätyjen kiinnittäminen tehdään ennen huoltotasojen kiinnitystä, eikä siihen mene viikkoa. Toiseksi varusteluosat, jotka sisältävät lähinnä päätyjen varusteluosia, on ajoitettu kaksi viikkoa rungon ja päätyjen jälkeen. Tämäkään ei vastaa todellista kokoonpanon järjestystä eikä aikataulua. Todellisuudessa nämä osat voitaisiin kiinnittää ennen huoltotasoa. Lisäksi nostokoneistolle on käytetty kymmenen päivän vaiheaikaa, joka varaa nostokoneiston alla oleville osille kymmenen päivän esikokoonpanon ajan. Tämä on mielestäni myös liioiteltua tai vanhentunutta tietoa.

Tämän lisäksi RMG -vaunujen ajoituksissa on käytetty huomattavasti vähemmän puskuriaikoja kuin RTG -vaunuissa, jonka takia niiden ajoitukset ovat hieman RTG – vaunuja heikommat. Vanhentuneiden vaiheketjujen takia suhteet sähköistyksen sekä mekaanisen kokoonpanon välillä ovat myös hieman todellisuutta vääristäviä.

Tällä hetkellä kaikki vaunut ajoitetaan viikon tarkkuudella ja niiden DL on perjantai. Tämä käy ilmi kuvassa 13 esitetystä ERP – järjestelmän tilauskantakyselyn kuvakaappauksesta, jossa vaunujen DL:t näkyvät selkeästi. Usein tämä vaunujen ajoittaminen viikon tarkkuudella vielä edistää sitä, että UM -vaunulinjan tuotannon pullonkaulana oleva testauspaikka ruuhkaantuu loppuviikosta entisestään. Tämä johtuu osiltaan siitäkin, että hienokuormitusta tehdään ainoastaan työnjohtajan toimesta, jolla puolestaan on usein epäselvä tai erilainen kuva valmistuvien vaunujen tärkeysjärjestyksestä kuin tuotannonohjaajalla. Käytännössä usein käy niin, että viikon

alussa käydään läpi sille viikolle luvutut vaunut, joita tämän jälkeen aletaan tuotannossa seurata tarkemmin. Ne valmistuvat sitten kaikki loppuviikosta, ruuhkauttaen näin koeajopaikan. Vaunujen tarkemmasta ajoittamisesta on ollut jo suunnitelmia ja tämän työn aikana UM - vaunuja on alettu ajoittaa keskiviikkoon sekä perjantaihin. Tällä saadaan varmasti hieman korjattua edellä kuvattua ongelmaa.



Stat	Period	Order	Li	Sl	QtyOrd	QtyProd	Qty	Item	Specification	DateProd	DateExw	Fac2	CC	C	Hold	Sta	ProdEst	Project
UM19	LATE	HB4166A4	11	0	1	0	1	53033597	SUM19-R5300	19.10.2012	19.10.2012	CH4	SMT19			T60	19.10.2012	SENTINEL
UM17	LATE	H2C30469	12	0	01		01	SMT TROLLEY DESIGN		26.10.2012	02.11.2012	CH4	SMT17			T10		NOVELIS ASR
UM19	201244	HSA8003	10	0	1	0	1	53037900	SMT1926DENS	02.11.2012	02.11.2012	CH4	SMT19			T60	09.11.2012	OSX CONSTR
UM18	201244	HSA8003	12	0	1	0	1	53038010	SMT1823DDNS	02.11.2012	02.11.2012	CH4	SMT18			T60	09.11.2012	OSX CONSTR
UM19	201244	HSA8003	11	0	1	0	1	53037693	SUM19-R4200	02.11.2012	02.11.2012	CH4	SMT19			T60	02.11.2012	OSX CONSTR
UM18	201245	HSA8002	10	0	1	0	1	53036297	SMT1825DDNS	09.11.2012	16.11.2012	CH4	SMT18			T60	09.11.2012	OSX CONSTR
UM17	201245	HK46136	11	0	1	0	1	53058742	SUM17-R3400	09.11.2012	09.11.2012	CH4	SMT17			T60	02.11.2012	KUMZ (N2)
SM11E	201245	HK46136	10	0	1	0	1	SM1116E37		09.11.2012	09.11.2012	CH4	SM11E			T60	09.11.2012	KUMZ (N2)
UM18	201245	HSA8002	11	0	1	0	1	53040112	SMT1825DDNS	09.11.2012	16.11.2012	CH4	SMT18			T60	09.11.2012	OSX CONSTR
UM17	201245	HSA8006	11	0	1	0	1	53039815	SUM17-R4200	09.11.2012	16.11.2012	CH4	SMT17			T60	09.11.2012	OSX CONSTR
UM17	201245	HSA8006	10	0	1	0	1	53038437	SUM17-R4200	09.11.2012	16.11.2012	CH4	SMT17			T60	09.11.2012	OSX CONSTR
UM19	201245	CU000034	5	0	1	0	1	53030313	SUM19-R2900	09.11.2012	09.11.2012	CH4	UM19			T60	09.11.2012	22-119
UM17	201246	H2U30602	10	0	1	0	1	53038443	SUM17-R2400	16.11.2012	23.11.2012	CH4	SMT17			T60	16.11.2012	K46143
SM11E	201246	HG250532	10	0	1	0	1	SM1108E09		16.11.2012	30.11.2012	CH4	SM11E			T60	23.11.2012	NOK LIMMER
SM11E	201246	HG250531	10	0	1	0	1	SM1108E08		16.11.2012	16.11.2012	CH4	SM11E			T60	16.11.2012	NOK LIMMER
UM19	201246	HK46140	10	0	1	0	1	53020203	SUM19-R4200	16.11.2012	07.12.2012	CH4	SMT19			T60	04.12.2012	VERBUND REI
UM19	201246	HK46139	10	0	1	0	1	53054335		16.11.2012	07.12.2012	CH4	SMT19			T60	03.12.2012	VERBUND REI
UM18	201247	HSA8004	12	0	1	0	1	53038638	SMT1823DDNS	23.11.2012	21.12.2012	CH4	SMT18			T60	14.12.2012	OSX CONSTR
UM19	201247	HA412892	10	0	1	0	1	53042529		23.11.2012	30.11.2012	CH4	SMT19			T60	23.11.2012	JACOBS FREE
UM19	201247	HA412891	10	0	1	0	1	53042074	SUM19-4200	23.11.2012	30.11.2012	CH4	SMT19			T60	23.11.2012	JACOBS FREE

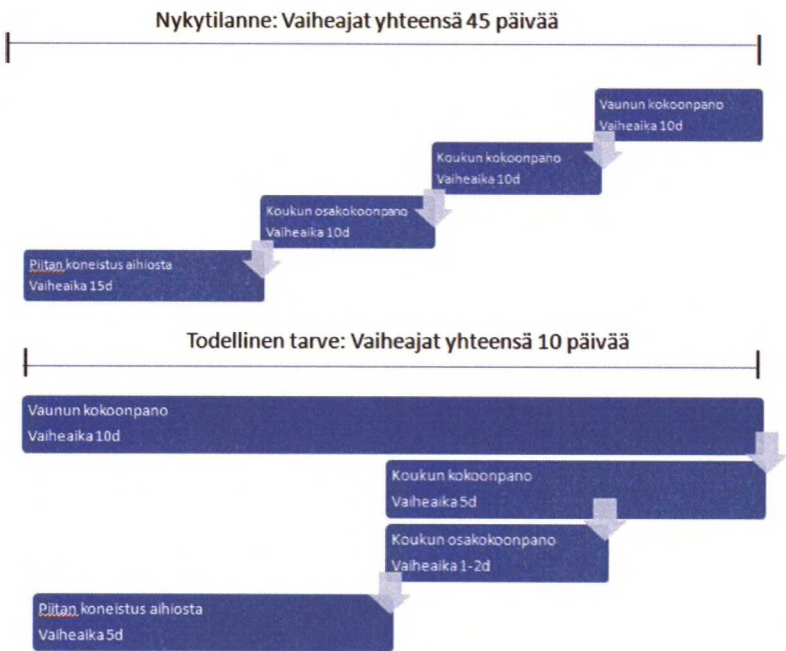
Kuva 13 Töiden ajoitus viikottain

Vaiheketjujen sekä vaiheajojen toimimattomuus vaikuttaa suuresti myös ostettavien osien pyydettyihin toimituspäiviin. Vaiheketjujen peräkkäisyys aiheuttaa myös ostettavien osien ajoituksen siirtymisen liian aikaiseksi. Vaiheketjujen peräkkäisyydellä tarkoitetaan sitä, että ylemmän materiaalitason vaiheketju ajoittaa kaikki sen alla olevat osat valmistuviksi vaiheketjun alkuun. Kun tämän jälkeen alemman tason materiaalille osoitetaan toinen vaiheketju, ajoittaa se kaikki materiaalit taas oman vaiheketjunsä alkuun. Kun tällä hetkellä vaiheajoissa ei ole otettu tätä huomioon ja sisäkkäiset materiaalit ohjataan toisinaan jopa samoilla vaiheketjuilla, siirtyvät osien vaiheajat useampaan kertaan soluihin ja osien ajoitukset siirtyvät aivan liian aikaiseksi.

Parhaana esimerkkinä osto-osien ajoituksen toimimattomuudesta tällä hetkellä on ehkä koukun kokoonpanoon kuuluvan piitan ajoitus. Piitta on lieriöaihiosta koneistettu koukun takeeseen tuleva osa, joka tarvitaan koukun kokoonpanon alkaessa. Vaiheketjutusten peräkkäisyyksien sekä väärin vaiheajojen takia piitta saatetaan tilata

työnsuunnittelijasta ja hänen toimintatavoistaan riippuen jopa 9 viikkoa ennen kuin vaunun tulee olla valmis. Kuvassa 14 kuvataan vaiheajat, joiden kautta tämä yhdeksän viikon toimitusaika tällä hetkellä muodostuu. Kuvassa on myös esitetty tämän hetken tuotannon todellinen tarve tälle osalle.

Koukun kokoonpano kestää realistisesti maksimissaan 5 päivää, kun taas piitan työstö muutamia tunteja, ja sen maalaus muutaman päivän. Syynä näin aikaiseen pyyntipäivään ei siis ole ainoastaan vaiheketjujen linkitys ja peräkkäisyys, vaan myös vaiheketjujen vanhentuminen sekä väärät tai vanhat vaiheajat. Kuten kuvasta 14 nähdään, todellisuudessa eri vaiheketjut ovat päällekkäisiä ja ylimmän tason vaiheaika sisältää alempien tasojen vaiheajat. Järjestelmässä tätä sisäkkäisyyttä ei kuitenkaan ole otettu huomioon ja vaiheajat ajoittuvat peräkkäin.



Kuva 14 Piitan aihion toimituspäivän määräytyminen nykytilassa ja osan todellinen tarve

5.7 Materiaalin vapauttaminen tuotantoon

Tällä hetkellä töiden lopullinen ajoittaminen tuotannossa on työnjohtajan harteilla ja usein siihen vaikuttaa eniten osapuutteet. Tämän lisäksi sähkömiehet koeajavat vaunuja vuorotellen, joten vaunujen koeajon ohjaaminenkin on haastavaa työnjohtajalle. Kun samojen miesten pitäisi tehdä vaunujen kojekaappeja, vaunujen sähköistystä sekä vaunujen koeajoa, on koeajopaikan kuormittamiseksi tehtävä vielä erillistä henkilöstöhallintaa. Näin monen muuttujan hallitseminen pitkän tuotantoketjun läpi ilman mitään apuja on erittäin vaativaa. Tämän ja hieman epäselvän tiedonkulun vuoksi työt helposti kasautuvat vaunulinjan loppuvaiheeseen. Tämä tarkoittaa sitä, että juuri silloin kun vaunuihin on sitoutunut eniten pääomaa ja niiden jalostusarvo on huipussaan ne seisovat linjassa. Tästä syystä tuotannonohjauksen pitäisi pystyä antamaan tarkemmat ja muuttumattomat aikataulut vaunujen valmistukseen. Töiden aloittamisenkin tulisi olla tuotannonohjaajien hallussa.

Töitä aloitetaan tuotannossa yleensä silloin, kun on tarpeeksi osia ja työvoimaa. Tämä voi käytännössä tarkoittaa sitä, että lähes valmiit koeajamattomat vaunut seisovat linjassa samalla, kun uusia vaunuja aloitetaan liian aikaisin. Nämä molemmat asiat vaikuttavat kasvattavasti sidottuun pääomaan ja vaunujen aloittaminen ennen määräaikaa sekoittaa valmistus- sekä osto-osien toimitusta että tuotantoa ja tämän lisäksi ne myös pidentävät tuotteiden läpimenoaikaa. Tämänkin työn aikana vaunujen osia tiedusteltiin jo kuukautta ennen valmistuksen määräaikaa, koska työt oli jo aloitettu ja vaunu seisoj linjassa odottamassa osia. Materiaalit saatetaan vapauttaa järjestelmässä vieläkin aiemmin ennen valmistusta, joten sieltä on mahdoton nähdä mitä vaunuja kulloinkin oikeasti on valmistuksessa.

Tämän työn aikana muun muassa ERP – järjestelmässä oli UM-puolella 16 vaunua merkattu aloitetuksi sekä keskeneräisiksi, vaikka näistä vaunuista olisi pitänyt päivämäärien mukaan olla aloitettuna vasta kuusi vaunua. Tämä johtuu osiltaan raportointikäytäntöjen ja ohjeistuksen puutteesta sekä myös siitä, että tuotannonohjaajan työsuunnittelussa antamia päivämääriä ei noudateta. Toisaalta RTG/RMG -puolella toinen työnjohtaja raportoi vaunuja aloitetuksi myöhässä tai ei ollenkaan. Tällä hetkellä

solussa on aloitettuna viisi vaunua, vaikka todellisuudessa tuotannossa on 8 vaunua. Raportoiduista vaunuista tuotannossa oli kuitenkin ainoastaan kolme vaunua. Kaksi muuta aloitetuksi raportoitua vaunua eivät edes ole vielä tuotannossa.

Paineet jättämän (myöhässä olevien vaunujen) purkamiseksi sekä myöhästymien estämiseksi ovat myös erittäin kovat, mistä johtuen työt ajoitetaan mieluummin turvallisesti ”etupeltoon”, kuin realistisesti läpimenoajan mukaan. Tämä vaikuttaa materiaalien vapauttamiseen ja näillä toimilla voidaan linja ruuhkauttaa ja kasvattaa läpimenoaikoja entisestään. Mikäli ajoitus onnistuu, vaikka matkalla olisi ongelmia, näihin ongelmiin ei paneuduta, koska vaunu kuitenkin lähti ajoissa, eikä vaunulinjan myöhästymä kasvanut.

Materiaalin vapauttamiseen sekä vaunujen aloittamiseen on tämän työn aikana pyritty vaikuttamaan tekemällä muutoksia tämänhetkisiin käytäntöihin ja viikoittaisessa tuotantopalaverissa käydäänkin nykyään läpi kyseisellä viikolla aloitettavat vaunut. Tämä ei kuitenkaan poista sitä tosiasiaa, että tehtävät aikataulutukset ja päätökset ovat edelleen hyvin epätarkkoja ja loppujen lopuksi työnjohtaja edelleen yksin päättää mitkä vaunut otetaan valmistukseen. Tarkempien aikataulujen sekä tarkemman raportoinnin myötä tähän voitaisiin vaikuttaa positiivisesti. Tämä puolestaan helpottaisi materiaalin hankintaa ja osien oikea-aikaista toimitusta.

6. SAP -toiminnanohjausjärjestelmän kapasiteetinhallinnan kannalta tärkeät toimintaperiaatteet

Tässä kappaleessa esitellään SAP -toiminnanohjausjärjestelmän toimintaperiaatteet, jotka koskevat tässä työssä käsiteltyjä asioita. Näitä toimintaperiaatteita ovat vaiheketjujen, työsolujen sekä kapasiteetinhallinnan periaatteet, jotka on työn tavoitteen mukaisesti otettu huomioon nykyiseen järjestelmään tehtyjä muutoksia suunniteltaessa. SAP:in toimintaperiaatteet ja sen vaatimukset on otettu mahdollisimman hyvin huomioon uusia vaiheketjuja ja solurakenteita luotaessa. Tässä kappaleessa kuvataan näiden toimintojen toimintaperiaatteita, minkä jälkeen seuraavassa kappaleessa kuvataan tehdyt muutokset nykyiseen järjestelmään.

Ensiksi tässä kappaleessa esitellään SAP AG:n historia, jonka jälkeen kuvataan Konecranesin projektia, johon liittyen myös Hyvinkään nostovaunutehdas tulee siirtymään SAP:in käyttöön. Tämän jälkeen kappaleessa esitellään yksityiskohtaisemmin SAP:in toimintoja, jotka liittyvät kapasiteetinhallintaan ja jotka ovat vaikuttaneet tämän työn tuloksina esiteltäviin vaiheketjuihin.

6.1 SAP yrityksenä

Nykyään maailman johtaviin toiminnanohjausjärjestelmiä valmistaviin yrityksiin kuuluva SAP AG perustettiin neljän insinöörin toimesta 1972 Mannheimissa, Saksassa. Yrityksen tavoitteena tuolloin oli valmistaa standardiohjelmistoja integroitujen bisnesratkaisuiden takaamiseksi. Yhtiön tunnetuin ja laajimmin levinnyt tuote on yhtiön nimeä kantava SAP toiminnanohjausjärjestelmä. Vuonna 1978 yhtiö julkaisi päivitetyn version SAP/R2 silloisesta ohjelmistostaan. Tämä ohjelmiston päivitys hyödynsi kehittynyttä tietotekniikka ja se mahdollisti moduulien välisen tiedonsiirron ja muita uusia ominaisuuksia, kuten mm. tilausten jäljittämisen. Seuraava suurempi päivitys ohjelmistoon tuli vuonna 1992, jolloin yhtiö julkaisi uuden SAP/R3 ohjelmiston. Tämä ohjelmisto toimi useimpien tietokoneohjelmistojen valmistajien luomilla pohjilla, kuten Windows ja Linux. Lisäksi ohjelmisto salli kolmansien osapuolten ohjelmien liittämisen tietojärjestelmään avoimen arkkitehtuurin kautta. Tämä aloitti nopean kehityksen uusien

ominaisuuksien luomisessa ERP – järjestelmän yhteyteen. (Jacobs & Weston 2007), (SAP AG 2013)

Yrityksellä on 41-vuotisen historiansa aikana ollut yli 200 000 tuhatta asiakasta yli 180 maassa ja viime vuosina sen toiminta on ollut erittäin kannattavaa. Sen vuosittainen liikevaihto on noin 16 miljardia ja vuonna 2012 yhtiö teki yli neljän miljardin euron tuloksen. Yhtiö työllistää yli 65 000 työntekijää noin 130 eri maassa ympäri maailman. (SAP AG 2013)

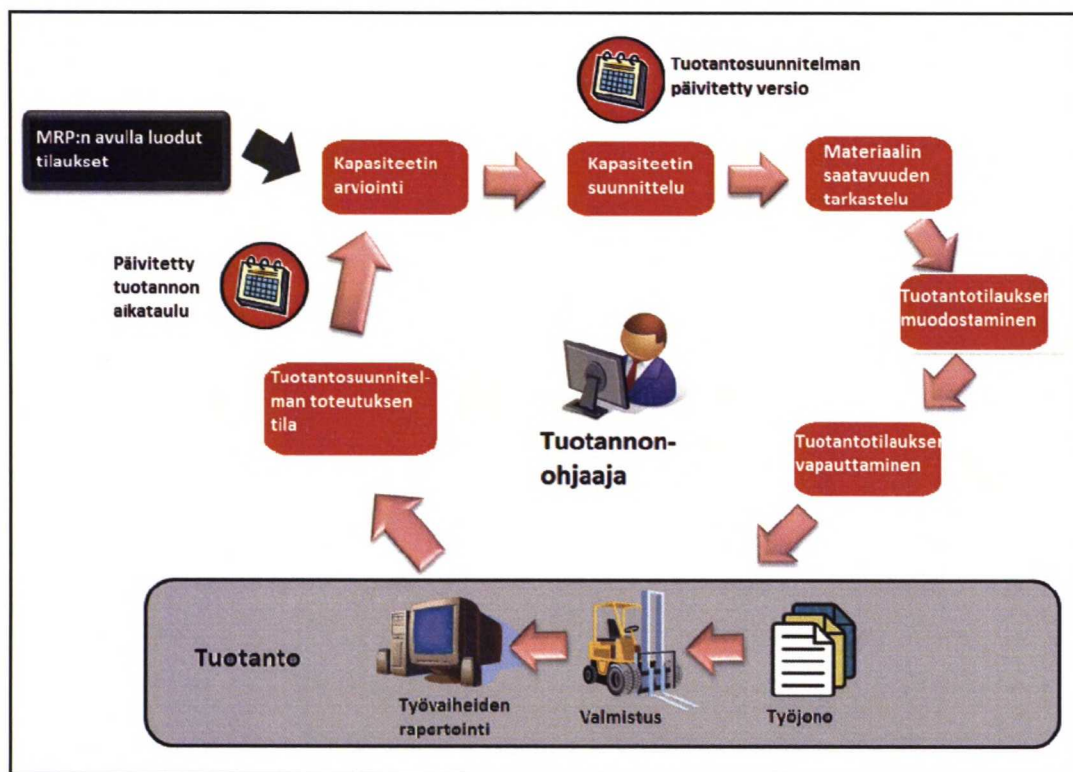
6.2 Origo projekti

Origo projekti on Konecranesin projekti, jonka tuloksena yritys tulee siirtymään yhden ERP – järjestelmän (SAP) käyttöön asteittain. Yhtiön osastojen siirtyminen uuden järjestelmän käyttöön on jaoteltu maantieteellisesti ja osa organisaatiosta on jo siirtynyt uuden järjestelmän käyttöön. Tämän hetken aikataulun mukaan Hyvinkään nostovaunutehtaan siirtyminen SAP:in käyttöön tulee tapahtumaan vuoden 2014 ensimmäisellä vuosineljänneksellä. (Konecranes 2013)

Taustana Origo projektille on tarve saada kaikille tahoille mahdollisuus päästä käsiksi samaan tietoon. Tällä hetkellä organisaation rajat ylittävä tieto liikkuu sähköpostien ja puhelinten välityksellä. Tämän lisäksi uuden ERP – järjestelmän avulla toivotaan saatavan skaalaetua sekä yhdistettyä eri organisaation osastojen toimintatapoja yhteisen kielen avulla. Lisäksi resurssien sekä kapasiteetin käyttöä halutaan parantaa ja työntekijöille halutaan antaa ajan tasalla olevaa tietoa, jotta he voivat tehdä paikallisesti hyödyllisiä päätöksiä. Näiden tarpeiden pohjalta projektille on annettu tavoitteeksi implementoida kilpailukykyinen ajan tasalla oleva tietojärjestelmä, joka takaa tiedonkulun organisaation sisällä ja sieltä ulos. Toisena tavoitteena on luoda toimiva alusta tulevaisuuden kasvua varten sekä yhdistää yhtiön toimintatapoja. Lopuksi projektin avulla tavoitellaan asiakastytyvyyden parantumista, operaatioiden virtaviivaistamista sekä globaalin ostotoiminnan tehostamista. (Konecranes 2013)

6.3 Tuotannonohjaus SAP:ssa

SAP -toiminnanohjausjärjestelmässä on sisäänrakennettu eri tuotantotyyppien logiikat erilaisten ohjausperiaatteiden avulla. Näitä ovat esimerkiksi MTO eli tilausohjautuva tuotanto, prosessituotanto, toistuva tuotanto (repetitive), projekti-tuotanto sekä KANBAN -valmistus. Hyvinkään vaunuvalmistus kuuluu näistä tilausohjautuvaan tuotantoon, joka kuvaa tehtaan valmistuslinjojen toimintaa parhaiten. (Kilpeläinen 2012), (Davenport 1998), (SAP AG 2012)



Kuva 15 Tuotannonohjaajan toimet ja siihen liittyvät järjestelmän toiminnot

Tuotannonohjaus vaatii toimiakseen tietoa valmistettavista materiaaleista, työvaiheista, työsoluista sekä kapasiteettirajoitteista. Näiden tietojen avulla voidaan tuotantoa suunnitella etukäteen ja ohjata halutulla tavalla. Materiaalien kulku tuotannon läpi voidaan mallintaa vaiheketjuilla, jotka ohjaavat materiaalin tiettyjen työvaiheiden läpi ennalta määrättyihin työsoluihin, joilla on omat kapasiteettirajoitteensa. Vaiheketjut kertovat kunkin työ- sekä jonotusvaiheen keston ja tarvittavan kapasiteetin. Näiden, sekä

kustannustietojen avulla voidaan tuotannonohjausta harjoittaa esim. kuvassa 15 esitetyn toimintakaavion periaatteiden mukaisesti. (Konecranes 2013)

6.4 Solurakenne sekä vaiheketjut SAP:ssa

Tuotannonohjauksen toiminnan pohjana toimii tuotannon työpisteiden (work center) määrittäminen järjestelmään sekä niiden kuormittaminen. Työsolulla tarkoitetaan siis paikkaa, jossa jokin työvaihe suoritetaan. Tämä voi olla esim. sorvi tai kokoonpanopaikka. Näin voidaan tarkasti määrittää missä kukin työvaihe suoritetaan ja kuinka paljon työvoimaa kyseisen vaiheen suorittamiseen on tarjolla. SAP:ssa työsolulle on määritettävä seuraavat vaiheet:

- Työsolun käyttämä kapasiteetti / kapasiteetit
- Käytettävän kapasiteetin kuormitettavissa oleva aika
- Kustannusten kertyminen työn tekemisestä kyseisessä solussa

Työsolujen sekä työstöaikojen avulla voidaan siis suunnitella tuotantoa ja sen aikataulutusta etukäteen. Lisäksi voidaan laskea tarvittava kapasiteetti ja laskea tuotannon kustannukset. SAP:ssa työsolun kapasiteetti voi olla työntekijä, kone, työntekijäryhmä tai useampi näistä. Työntekijä ryhmä tarkoittaa erillistä kapasiteettiryhmää, joka kuormittaa useampia soluja. (SAP AG 2012), (Kilpeläinen 2011)

Materiaalien kulkua tuotannon läpi kuvataan vaiheketjujen tai reitityksen avulla. Vaiheketjut määrittävät mitä materiaaleja työstetään missäkin työsolussa ja kuinka kauan tämä vaihe kestää, ja mikä on seuraava vaihe. Työaikojen lisäksi vaiheketjuihin voidaan haluttaessa erikseen määrittää materiaalin tuotannossa viettämä aika tarkemminkin. SAP:ssa voidaan vaiheketjussa määrittää jonotusaika, asetusaika, työstöaika, purkuaika, odotusaika sekä kuljetusaika erikseen. Tämän lisäksi voidaan vielä määrittää niin sanottu puskuriaika (float time) koko vaiheketjun alkuun ja loppuun. (SAP AG 2012), (Kilpeläinen 2012)

Vaiheketjut määritetään SAP:ssa aina tietyille materiaalille. Järjestelmään voidaan luoda niin sanottuja referenssi vaiheketjuja, jotka voidaan kopioida uusille tuotantotilauksien materiaaleille. Käytettäessä Variant configuration menetelmää, jossa tilauksen teknisten lausekkeiden avulla määritetään MBOM sekä vaiheketju, luodaan super BOM:sta sekä super Routingsista automaattisesti tälle materiaalille käytettävät MBOM sekä vaiheketju. Tämä soveltuu hyvin standardoitujen ja suuret volyymit omaaville tuotantolaitoksille sekä tuotteille. Hyvinkään nostovaunulinja toimii MTO- tai ETO -periaatteiden pohjalta, eikä tämä järjestelmän toiminto sovellu sen käyttöön. Muutoin materiaalille täytyy määrittää käsin jokin vaiheketju. Vaiheketjun eri vaiheille voidaan määrittää eri materiaalia, jolloin niiden kuluminen ja varastopoistot tapahtuvat vasta kyseisen vaiheen raportoinnin kautta. Tämän lisäksi kaikille vaiheketjun vaiheille voidaan määrittää erikseen niiden raportointitarve. Kaikkia vaiheita ei tarvitse erikseen raportoida valmiiksi, vaan voidaan käyttää niin sanottua Milestone raportointia tietyille vaiheelle, joka automaattisesti raportoi kaikki aiemmat vaiheet myös valmiiksi. Raportoitaessa vaiheita valmiiksi, voidaan vaiheajan ylittyessä tai alittuessa merkata myös vaiheketjun määrittämään aikaan nähden poikkeama-työstöaika, jonka jälkeen nämä poikkeamat voidaan havaita helpommin järjestelmästä muutoksia varten. (SAP AG 2012)

6.5 Kapasiteetin hallinta SAP:ssa

SAP:ssa tapahtuva kapasiteetin hallinta perustuu materiaalien tarvelaskennan taaksepäin ajoittamisen muodostaman aikataulun ja työvaiheiden kestojen avulla muodostetun tuotantosuunnitelman sekä järjestelmään ilmoitettujen kapasiteettirajoitteiden vertailuun. Tuotteen määritetyn valmistumispäivän mukaan järjestelmä ajoittaa vaiheketjuihin ilmoitettujen aikojen perusteella osakokoonpanojen sekä osto-osien ajoitukset ja aloituspäivämäärät. Tämän jälkeen työsolujen kuormitusta voidaan seurata suhteessa määrättyyn kapasiteettiin ja uudelleen ajoitusten perusteella tasata kuormitusta kapasiteetin mukaan. (Kilpeläinen 2012), (SAP AG 2012)

Kapasiteetin hallinta eli kapasiteettitarpeiden sekä tarvittavan kapasiteetin sovittaminen ja töiden ajoittaminen kapasiteetin mukaan tapahtuu SAP:n perusversiossa käsin,

ajottamalla tilauksia tai työvaiheita työsolujen jonoihin. SAP tarjoaa siis perusteet kapasiteetinhallintaan ja näiden tietojen pohjalta voidaan tuotantos suunnitelma tehdä siten, että kapasiteetin rajoitteet on otettu huomioon. Kapasiteetin seuranta voidaan tehdä solukohtaisesti tai vaihtoehtoisesti myös kapasiteettiryhmien kautta. Mikäli halutaan tarkempaa hienokuormitusta ja apuvälineitä töiden automaattiseen ajoittamiseen sääntöjen mukaan tai tarkempaa seuranta tuotannosta, tarvitaan järjestelmään erillinen hienokuormitusohjelma liitännäisenä. (SAP AG 2012)

Advanced Resource Planning (ARP) on ERP – järjestelmän kanssa keskustelevala ohjelmisto, jonka tehtävänä on tuottaa reaaliaikaista tietoa tuotannosta ja sitä kautta olla tukemassa tuotannon ohjausta. Lisäksi ARP ohjelmistoilla voidaan ajaa mitä-jos-tilanneanalyysyjä, joiden avulla voidaan ennakoivasti varautua erilaisiin skenaarioihin, joita tuotannossa saattaa esiintyä. ARP – järjestelmän pohjana toimii Manufacturing Execution System eli MES, joka kerää ja päivittää ERP – järjestelmästä tietoa tuotannon sen hetkisestä tilasta. Tähän informaatioon kuuluvat mm. vaiheketjujen vaiheajat, niiden vaihtelut, asetusajkojen vaihtelut, ennakoidut sekä ennakoimattomat seisokit tuotannossa, kapasiteettitilanteet sekä tarpeet jne. Tämän tiedon avulla voidaan tuotannon ohjausta hoitaa huomattavasti luotettavamman sekä paremmin ajan tasalla olevan tiedon pohjalta. (Van Nieuwenhuyse et al. 2011)

7. Tutkimustulokset

Tässä kappaleessa esitellään tämän työn aikana aikaansaadut tulokset ja niiden vaikutukset päivittäiseen toimintaan sekä pohditaan tuloksia myös koko yrityksen liiketoiminnan kannalta. Ensimmäisenä esitellään työn aikana tehdyt uudet solurakenteet sekä vaiheketjut, joiden avulla on pyritty saavuttamaan nostovaunujen kokoonpanolinjoille kapasiteetinhallinnan kannalta oleellinen tieto. Tuloksia ja muutoksia käsitellään niin tuotannonohjaajien, työsuunnittelijoiden, työnjohtajien kuin asentajienkin näkökulmista muutosten kokonaiskuvan saavuttamiseksi. Tämän lisäksi esitellään kapasiteetinhallinnan kannalta oleelliset toimet, joita tulee noudattaa kapasiteetinhallinnan mahdollistamiseksi. Lopuksi kappaleessa pyritään myös hahmottamaan tehtyjen muutosten vaikutukset koko hyvinkään organisaation näkökulmasta sekä pohditaan työn oikeutusta taloudellisessa mielessä.

7.1 *iLM järjestelmään luodut solut sekä vaiheketjut*

Tämän työn tuloksena luotiin iLM – tuotannonohjausjärjestelmään uudet solurakenteet sekä vaiheketjut niin UM – vaunujen kuin myös RTG/RMG - vaunujen kokoonpanolinjoille. Uudet solurakenteet sekä vaiheketjut luotiin kapasiteetinhallinnan parantamiseksi. Niiden rakenteessa pyrittiin ottamaan huomioon kapasiteetinhallinnan kannalta oleelliset osa-alueet. Näin ollen solurakenne sekä vaiheketjut pyrittiin luomaan siten, että ne yhdessä mahdollistaisivat kapasiteetinhallinnan sillä tasolla kuin sitä on tarpeellista seurata. Solujen ja etenkin vaiheketjujen luomisessa otettiin myös huomioon uuden ERP – järjestelmän (SAP) vaatimukset vaiheketjujen rakenteesta, solujen nimeämisestä aina vaiheaikojen kirjaamiseen saakka. Ideana oli, että iLM – järjestelmän luotaisiin mahdollisimman samankaltaiset sekä samoja toimintatapoja noudattavat vaiheketjut, jotta tulevia muutoksia voitaisiin harjoitella jo nykyisen systeemin aikana, eivätkä uuden ERP – järjestelmän mukanaan tuomat muutokset olisi liian suuria.

Kapasiteetinhallinnan kannalta niin UM – kuin myös RTG/RMG -linjojen solurakenteet olivat vajavaisia, eivätkä ne täysin tukeneet käytännön toimia tehtaan lattialla. Tästä syystä molemmille linjoille luotiin uusia soluja, jotta kapasiteetinhallinta saataisiin

halutulle tasolle ja järjestelmässä oleva solurakenne vastaisi todellisuutta. RTG/RMG puolella käytössä oli vain yksi solu, johon kaikki työ ohjattiin tehtäväksi. UM – puolella käytössä olleet kolme solua olivat: Koukkusolu, osakokoonpano solu sekä kokoonpano solu.

Uudet solurakenteet noudattivat hyvin pitkälti tehtaanjohtajan sekä tuotannonohjaajan näkemyksiä tarpeellisesta sekä haluttavasta solurakenteesta silloin, kun työtä aloitettiin. Molemmille tuotantolinjoille luotiin niin mekaaniselle kuin sähköisellekin esikokoonpanolle omat solut. Samoin myös mekaaniselle sekä sähköiselle vaunun asennukselle luotiin uudet solut. Tämän lisäksi vaunujen koeajo sai molemmilla puolilla oman solun, ja UM – puolella, jossa köysitys tapahtuu koeajon ulkopuolella, myös köysitykselle luotiin oma solu. UM – puolelle jätettiin koukun kokoonpanolle oma solu ja luotiin keräily solu. Nämä uudet solut nimettiin Hyvinkään tehtaiden yleisten ohjeiden mukaan siten, että ne erotetaan muista Hyvinkään tehtaista ja ne voidaan sellaisenaan siirtää uuteen ERP – järjestelmään. Tässä rajoittavina tekijöinä olivat solun ensimmäisen kirjaimen valinta sekä kahdeksan merkin pituinen englanninkielinen nimi. Vaunujen kokoonpanolinjojen uudet solurakenteet on esitetty liitteessä 1, jossa ne on piirretty ja esitetty vaunutehtaan layoutin päälle, piirrettyinä oikeilla järjestelmästä löytyvillä nimillään.

Uusilla soluilla saatiin kokoonpanotyö hajotettua pienempiin kokonaisuuksiin, joita ohjaamalla kokoonpanolinjoja voidaan ohjata tarkemmin. Samalla saatiin myös mekaniikka- ja sähköasentajien työjonot ja työmäärät eriteltä omiin soluihin, jolloin työntekijäryhmien työkuormien avulla voidaan tarkastella näiden ryhmien välistä tasapainoa. Erityisesti sähköasentajien ohjaaminen helpottuu selvästi uusien solurakenteiden ansiosta, sillä nyt voidaan esikokoonpanotöiden ja vaununasennuksen välinen työmäärä eritellä ja tätä kautta ohjata työntekijöitä oikeisiin työvaiheisiin niin, että osat valmistuvat ajoissa ja mekaanisesti valmiit vaunut eivät joudu odottamaan linjassa. Tämän lisäksi ennen kaikkea UM – puolella tuotannon pullonkaulana toimivan koeajopaikan tarkempi ohjaaminen mahdollistaa saumattomamman läpivirtauksen tuotannon läpi. Toki tällä hetkellä linjan pullonkaulana toimii kokoonpantavien osien

saapuminen, mutta tuotannon vaiheista vaunujen koeajo on linjan rajoittavana tekijänä. Koeajon ohjaaminen tarkemmin on myös tärkeää siinä mielessä, että se on tuotannon loppuvaiheessa, jolloin vaunuihin on sitoutunut eniten pääomaa. Tästä syystä vaunujen seisottaminen tässä vaiheessa kasvattaa koko tuotantoon sitoutunutta pääomaa huomattavasti.

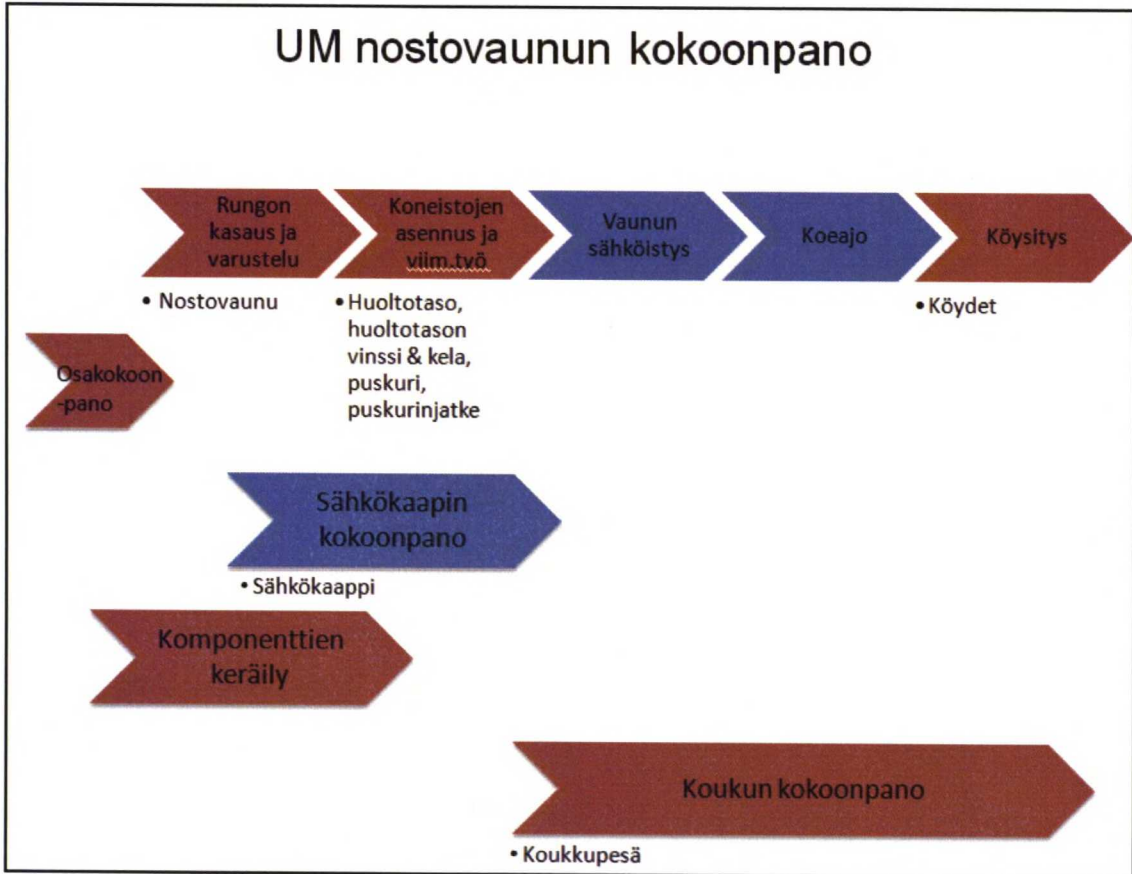
Nyt työnjohtajat tulostavat työmääräimet solujen työjonoista ja toimittavat paperiset versiot työmiehille. Tästä käytännöstä luopuminen on jo pidemmän aikaa ollut johdon mielessä. Uusien solujen sekä vaiheketjujen avulla voidaan työjonojen seuraaminen sekä työmääräinten tulostaminen siirtää asentajille linjaan. Molemmilla vaunun kokoonpanolinjoilla on jo tietokoneet ja asentajilla pääsy tuotannonohjausjärjestelmään. Uusien solurakenteiden avulla voidaan selkeyttää työjonoja sekä vapauttaa työnjohtajien kapasiteettiä muihin kiireellisempien ja tärkeämpien asioiden hoitoon.

Vaunulinjalla käytössä olleet vaiheketjut ovat vanhentuneita ja hyvin pelkistettyjä. Kokoonpantavien vaunujen vaiheketjut ovat kaikki yksivaiheisia, jolloin vaiheketjuista ei voinut selvittämään vaunun kokoonpanon tilaa tuotannon aikana mitenkään, ei edes kokoonpanon todellisia vaiheita. UM- sekä RTG/RMG -puolella vaiheketjujen periaatteet olivat samanlaisia, vaikkakin vaiheketjujen määrä vaihteli hieman tuoterakenteen mukaan. iLM – järjestelmässä jokaiselle valmistettavalle osakokoonpanolle on osoitettava oma vaiheketjunsä, joka ohjaa tämän tehtävän työn johonkin työsoluun. Nämä kaikille osakokoonpanoille osoitettavat vaiheketjut ovat toisistaan irrallisia ja siksi yhden merkitsevän kokoonpanoa kuvaavan vaiheketjun luominen on erittäin hankalaa. Kuten kappaleessa 5 on esitetty, käytössä olleet vaiheketjut eivät kä niiden vaiheajat toimineet keskenään. Varsinkin UM – puolella vaiheketjujen erillisyyss toisistaan tarkoitti sitä, että vaunun kokoonpanon vaiheet oli laitettu moneen kertaan solujen työjonoon. Vaunujen vaiheketjut sisälsivät kaikkien työvaiheiden keston, ja kun tämän lisäksi kaikille osakokoonpanojen vaiheketjuille oli laitettu niihin kuuluva aika, menivät nämä vaiheajat useaan kertaan työsoluihin.

SAP – tuotannonohjausjärjestelmässä vaiheketjujen käytäntö on hieman erilainen, ja siellä materiaalille luodaan aina oma vaiheketju. Tämän vaiheketjun eri vaiheille

voidaan sitten osoittaa eri materiaaleja, jolloin kaikki kokoonpantava materiaali voidaan ohjata yhden vaiheketjun avulla tarvittaviin työsoluihin. Tätä periaatetta noudattamalla luotiin myös iLM – järjestelmään tätä toimintatapaa mahdollisimman hyvin kuvaavat vaiheketjut. Kaikille kokoonpantaville vaunuille luotiin niiden kokoonpanotyötä vastaavat vaiheketjut, jotka ohjasivat kunkin työvaiheen oikeaan soluun. Näin päästiin samaan tilanteeseen kuin mitä uudessa ERP – järjestelmässä noudatetaan, eli tuotteella on yksi merkitsevä vaiheketju, josta nähdään tuotteen kokoonpanon todelliset vaiheet.

Esikokoonpanoa vaativille osakokoonpanoille tehtiin myös omat vaiheketjunsä, jotka ohjasivat osat oikeaan soluun oikeilla vaiheajoilla. Jäljelle jääneet järjestelmässä olevat osakokoonpanot, jotka todellisuudessa suoritetaan kokoonpanon yhteydessä, ohjattiin keräilyvaiheketjun kautta keräilysoluun. Näin saatiin luotua systeemi koko vaunun tuoterakenteen siirtämisestä yhden merkitsevän vaiheketjun periaatteella oikeisiin soluihin, siten että kaikissa solujen työjonoissa on oikeat työt. Keräilysoluun ohjattavat osakokoonpanot ovat sellaisia kokonaisuuksia, joita ei todellisuudessa kasata ensin valmiiksi ja sen jälkeen liitetä vaunuun, vaan ne sisältävät osia, joita liitetään vaunuun kokoonpanon edetessä. Esimerkiksi UM-vaunun tuoterakenteesta nouseva nostokoneisto sisältää osia, kuten momenttituet, jotka liitetään vaunuun heti rungon kasauksen jälkeen. Se sisältää myös osia, kuten esim. köysitelan, joka liitetään vaunuun vasta mekaanisen kokoonpanon loppuvaiheessa. Tästä syystä yllä esiteltyllä menetelmällä saadaan parhaiten todellisuutta sekä, tulevan järjestelmän toimintatapoja vastaava käytäntö. Niin UM – kuin myös RTG/RMG -nostovaunujen kokoonpanoa varten luodut uudet vaiheketjut on esitelty vaiheaikoinen liitteessä 2.



Kuva 16 UM vaunun kokoonpanon työvaiheet sekä tuotantojärjestys

Uusien vaiheketjujen luomisen yhteydessä päivitettiin myös vaiheaikoja ja osaltaan asetettiin myös tavoitteellisia vaiheaikoja yhtiön uuden, koko tilausprosessin läpimenoaikojen pienentämiseen tähtäävän projektin mukaisesti. Uusien vaiheketjujen vaiheajoissa käytettiin UM – puolella Niko Sainion (2011) tekemän diplomityön tuloksena esiteltyjä työaikamittauksia. Näiden, sekä omien täydentävien, lähinnä isompien UM – vaunujen, työaika tarkastelujen pohjalta, luotiin kaikille UM – vaunuille vaiheajat. iLM – järjestelmässä vaiheaika annetaan aina kokonaisissa päivissä, mikä jonkin verran rajoitti vaiheketjujen luomista mm. vaiheiden määrän osalta. Vaiheajan lisäksi järjestelmässä voidaan antaa vaiheketjun eri vaiheille myös kapasiteettiajat minuutteina. Näitä kapasiteettiaikoja käytetään järjestelmässä työsolujen kapasiteettitarpeiden laskemisessa valmiille raporttipohjille. Jotta näitä valmiita

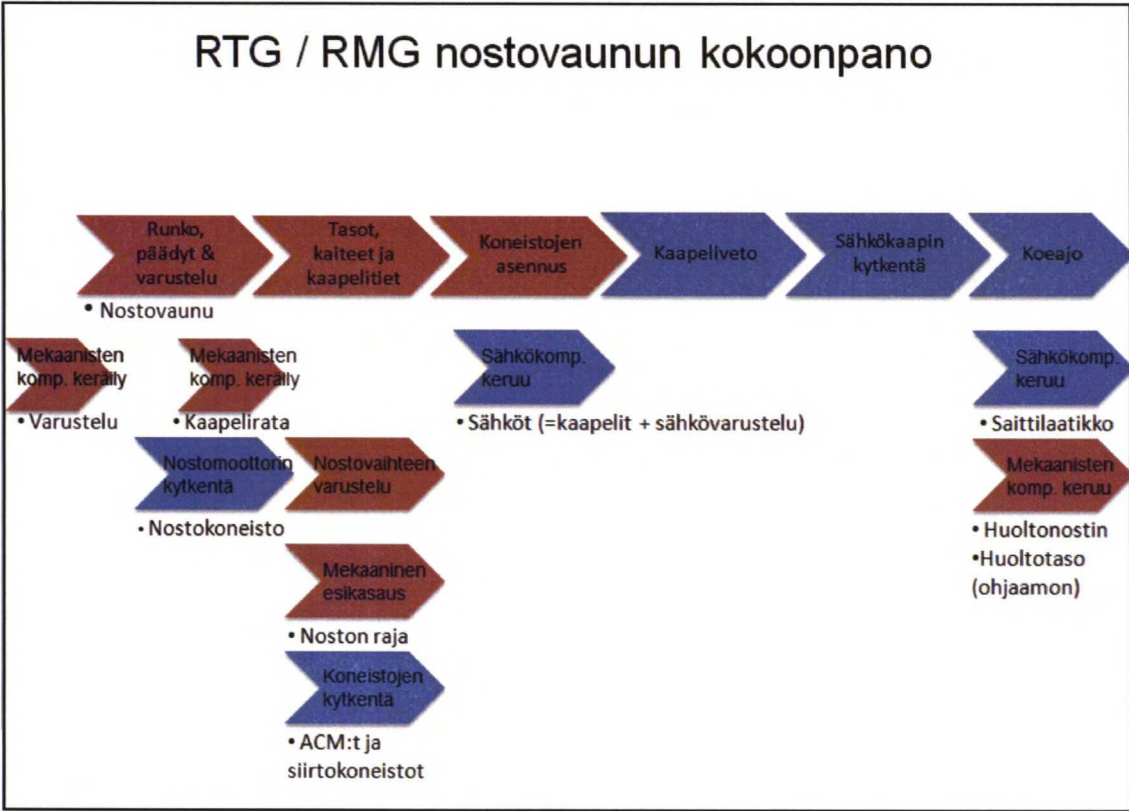
kapasiteetinhallintamenetelmiä voitaisiin jatkossa käyttää, lisättiin myös kaikkiin uusiin vaiheketjuihin kapasiteettiajat.

RTG/RMG -puolella ei ollut vastaava työaikamittausta tehty kokoonpanovaiheiden kestoista, jonka takia luotujen vaiheketjujen sisältämät ajat ovat enemmänkin arvioita. Arviot vaiheiden kestoista tehtiin niin työnjohtajan kuin tuotannonohjaajan arvioiden perusteella. Molempien henkilöiden arviot olivat suurin piirtein samansuuruisia. Näin voitiin luoda vaiheajoista hyvä arvio, jota tulevaisuudessa voidaan seurata ja tarkentaa tarpeen mukaan.

Vaiheketjujen vaiheita luotaessa pyrittiin ottamaan huomioon niin vaiheketjujen rakenteelliset rajoitteet, vaiheajojen päivissä-ilmoitettavuus, kuin myös kapasiteetinhallinnan kannalta oleelliset vaiheetkin. Vaiheita ja niiden määrää suunniteltaessa otettiin huomioon tuotannonseuraamisen tarkkuuden tarve sekä myös se, että vaiheiden raportointi ja seuraaminen eivät saisi liiaksi häiritä tuotantoa. Jotta vaiheiden raportointi saadaan vietyä onnistuneesti käytännön tasolle, tulee raportoinnin tarve ja syy tämänkaltaisen toiminnan käyttöönotosta pystyä selventämään kaikille työntekijöille. Kokoonpanon pilkkominen liian pieniin osiin olisi vain aiheuttanut sekaannusta ja häirinnyt tuotantoa, samalla kuin siitä saatava hyöty olisi ollut minimaalinen. Tämän lisäksi tuli ottaa huomioon myös raportoitavien vaiheiden keskinäiset kestot ja niiden informatiivisuus.

Yllä kuvaillut asiat huomioon ottamalla luotiin UM – puolen vaunujen vaiheketjuille neljä - viisi vaihetta. Pienemmille vaunuille, jotka köysitetään Hyvinkään vaunutehtaalla luotiin viisivaiheiset vaiheketjut, kun taas isommille köysitysvaiheen puutteen takia neljävaiheiset vaiheketjut. Nämä vaiheet pitävät sisällään kaksi mekaanisen kokoonpanon vaihetta, sähköistyksen sekä koeajon ja mahdollisesti köysityksen. RTG/RMG -puolella vaiheketjut ovat vastaavasti joko kuusi- tai seitsemänvaiheisia, sisältäen kolme mekaanisen kokoonpanon vaihetta, kaksi sähköistyksen vaihetta sekä koeajo- ja köysitysvaiheen. Lisäksi hätäjarrulla varustetut vaunut sisältävät hydrauliiikan asennukseen oman vaiheen, joka kuitenkin tällä hetkellä tehdään alihankkijan toimesta. Tästä syystä tällä vaiheella ei ole vaiheketjulla kapasiteettiaikaa. Sekä UM – että RTG ja

RMG - vaunujen kokoonpanojärjestykset sekä vaiheketjujen rakenteet näkyvät kuvissa 16 ja 17. Kuvissa näkyy myös muiden vaiheketjujen suhde vaunun kokoonpanon vaiheketjuun. Kuvissa on eritelty punaisella värillä mekaanikkojen suorittamat työvaiheet ja sinisellä värillä sähköasentajien työvaiheet, joskin RTG/RMG -koeajo ja köysitysvaiheen suorituksessa on mukana sekä sähkö- että mekaniikka-asentaja.



Kuva 17 vaunun kokoonpanon työvaiheet sekä tuotantojärjestys

Vaikka iLM – järjestelmässä ei voida osakokoonpanoja ohjata vaunun vaiheketjun avulla tiettyihin soluihin, voidaan materiaalien tarve ohjata tiettyyn vaiheketjun vaiheeseen. Tämä tarkoittaa sitä, että osakokoonpanot voidaan ohjata siihen vaunun kokoonpanon vaiheeseen mihin ne kuuluvat. Näin ollen saadaan mm. sähkökaapin sekä kourun kokoonpanovaiheiden ajoitukset liitettyä vaunun vaiheketjuun. Tämä järjestely myös tukee SAP:ssa käytössä olevaa käytäntöä, jossa osakokoonpanoja voidaan ohjata suoraan vaiheketjun tietyille vaiheille. Kullakin vaunulla on yksi merkitsevä vaiheketju, jonka lisäksi osakokoonpanot ovat liitetty tähän merkitsevään vaiheketjuun. Osien ja

osakokoonpanojen tarpeet on ajoitettu vaunun valmistumisen ajoituksen kanssa, eikä yksittäisiä irrallisia vaiheketjuja enää ole.

7.2 Uusien vaiheketjujen ja solujen vaikutus tuotannonohjaamiseen sekä kapasiteetin hallintaan

Kuten edellisestä kappaleesta hyvin käy ilmi, uusien vaiheketjujen käytön myötä kaikkien osakokoonpanojen sekä osto-osien ajoitukset tulevat yhden rakenteen kautta. Ajoitusten seuraaminen ja tarkentaminen tulee paljon helpommaksi, mutta ennen kaikkea osien pyyntiajat ovat tarkentuneet ja vastaavat osien todellisia tarpeita. Aiemmin niin osto-osien kuin myös omilta tehtailta tulleiden osien pyyntiajat olivat pääasiallisesti aivan liian aikaisin vaunun kokoonpanoon nähden. Vaunuja aloitettiin myös liian aikaisin, jolloin osia pyydettiin niin viereisiltä tehtailta, kuin myös toimittajilta alkuperäisistä päivämääristä poiketen. Näistä käytännöistä johtuen, toisinaan pyydettiin osia, joiden pyyntipäivä oli tulevaisuudessa, samalla kun myöhässä olevia osia ei tarvittu laisinkaan. Tämä on luonnollisesti hankaloittanut niin omien tehtaiden kuin myös toimittajien tuotannonohjausta. Lisäksi tämä on vaikuttanut siten, että pyydetyistä päivämääristä ei useinkaan pidetä kiinni. Tämän toimintatavan rikkominen ja todellisen tarpeen ja näin läpinäkyvyyden lisääminen omassa tuotannossa on erityisen tärkeätä tuotannon paremman toiminnan kannalta.

Uusilla vaiheketjuilla saadaan siis todellisen tarpeen mukaiset pyyntiajat kaikille osille. Tämä tarkoittaa sitä, että osto-osasto voi tehdä tarkempaa toimittajahallintaa ja asettaa eri toimittajille eri puskuriaikoja. Tämän lisäksi oikeat aikataulut myös antavat osto-osaston omille mittareille enemmän painoarvoa, kun mitataan toimittajien täsmällisyyttä oikeasta tarpeesta ja osien aikaistamisen pyynti tuotannon puolelta vähenee. Epäselvistä ja usein sähköpostiviestein tarkennetuista päivämääristä johtuen osto-osasto on joutunut tekemään paljon turhaa työtä ja sen työmäärä on ollut suuri. Varmasti osittain tästä syystä osa sen perustoiminnoista on jäänyt täyttämättä. Tämän työn aikana kävi ilmi muun muassa se, että toimittajille lähetetyissä tilauksissa oli toimituspäivä merkattu kuljetusaikoja huomioimatta, jolloin osat olivat tulleet myöhässä, vaikka toimittaja oli toimittanut osat sopimuksen mukaisesti. Toimittajienhallintajärjestelmä oli siis jäänyt

päivittämättä, eikä asiaa oltu aiemmin huomattu, koska aiemmin pyyntiajat olivat niin kaukana todellisuudesta.

UM – vaunulinjan pullonkaulana on tällä hetkellä toiminut tuotannon ulkopuolinen pullonkaula - osien toimitusten täsmällisyys. Myöhässä olevien osien ja osapuutteiden johdosta tuotanto usein pysähtyy ja toimitukset viivästyvät. Osapuutteisiin on vaikuttanut eniten kaksi seikkaa: Tilausten aloittaminen liian aikaisin, jolloin tuotanto pysähtyy kun osien pyyntipäivät ovat tulevaisuudessa sekä osien ja toimitusten myöhästymiset. Ensimmäisenä mainittuun seikkaan voidaan suoraan tämänkin työn tulosten puitteissa vaikuttaa ja uusien tarkempien aikataulujen sekä materiaalin vapauttamisen rajoittamisen kautta vaikutetaan. Jälkimmäiseen on tuotannon kautta vaikeampi vaikuttaa, mutta parantamalla läpinäkyvyyttä ja antamalla ensimmäisellä kerralla osien todelliset tarpeet tiedoksi toimittajille, voidaan heidän tuotannonohjaukseen helpottaa. Jatkuvien kyselyjen, osien aikaistusten sekä tilausten prioriteettien muutoksilla on myös varmasti vaikutettu toimittajien suhtautumiseen päivämäärien pitävyyteen. Mikäli uusien toimien avulla saadaan toimittajien toimitukset ajallaan tehtäville, voidaan 5FS:n mukaisin keinoin alkaa etsiä tuotannosta uutta pullonkaulaa.

RTG/RMG – puolella pullonkaulana näyttäisi olevan sähköistys, mutta ilman mitään todellisia lukuja tuotannosta on tätä vaikea todentaa. Tästä syystä vaiheiden seuraamisella ja kapasiteetinhallinnalla on erittäin suuri merkitys tuotannonohjauksen kannalta. Toinen huomiota vaativa seikka RTG/RMG -puolella on tuotannon tasapaino sekä töiden aloittaminen. Vaunujen mekaaninen asennus tuntuu valmistuvan huomattavasti nopeammin, jolloin mekaanisesti valmiit vaunut odottavat sähköistyksen aloittamista. Vaunujen ennenaikaisella aloittamisella aiheutetaan jonoja, joiden johdosta vaunujen läpimenoajat kasvavat. Näidenkin havaintojen todentamiseksi tarvitaan kuitenkin tarkempaa tuotannon seuraamista, jotta oikeat korjaavat toimenpiteet voidaan tehdä.

Tarkentuneiden vaiheajojen sekä vaiheiden lisäämisellä voidaan tuotantoa tarkastella paljon aiempaa tarkemmin. Vaiheita ja niiden vaiheajoja seuraamalla voidaan mm.

selvittää helpommin mm. tuotannon yleisimmät ongelmakohdat, tuotannon pullonkaula, tuotantolinjan tasapaino sekä kuormitustilanne. Uusien vaiheketjujen sekä vaiheiden kautta voidaan tilausten läpimenoa seurata tuotannonohjausjärjestelmästä. iLM – järjestelmässä tilauksen tilanne – sivun takaa voidaan nähdä mitkä vaiheet vaunun kokoonpanossa on aloitettu ja mitkä valmistuneet sekä millä aikataululla vaunun kokoonpanon tulisi olla valmiina. Tämä helpottaa mm. tuotannonohjaajien, tehtaan johdon sekä GOM (Global order management) osaston toimintaa, kun ei tarvitse erikseen sähköpostilla tai puhelimella tiedustella tiettyjen tilausten tilannetta.

Tuotannon seurattavuuden parantuminen ja mahdollistuminen ovat luonnollisesti kapasiteetinhallinnan kannalta erittäin oleellisia ja ne antavat myös mahdollisuuden seurata tuotantoon tehtävien muutosten vaikutusta. Kapasiteetinhallinnan kannalta oikea tieto on nyt saatavilla tuotannosta ja nyt voidaan mm. seurata solujen kapasiteettitarpeita solujen työjonoista. iLM – järjestelmän valmiita raportteja voidaan nyt myös käyttää hyödyksi ja solujen työjonoista voidaan tulostaa viikoittaiset tunnit, joiden avulla kapasiteettia voidaan hallita paremmin. Tämän lisäksi voidaan nyt seurata tuotteiden todellisia läpimenoaikoja ja jossain määrin myös yksittäisten vaiheiden vaiheaikoja ja niiden kehitystä.

iLM:ssä raportit LMQ0035 (valmiiksiraportointitapahtumien kysely) ja LMQ0063 (tilausrivin läpimeno) auttavat selvittämään läpimenoajat sekä vaiheajat. Raportit ovat kuitenkin vajavaisia ja tiedot joudutaan siirtämään Exceliin, mutta näiden raporttien avulla saadaan työvaiheiden ja läpimenoaikojen seuranta ainakin alulle. SAP:ssa voidaan erilaisia raportteja muokata hyvinkin vapaasti ja läpimenoaikojen seuraamiseen voidaan helposti luoda oma raportti. Kuvassa 18 on esimerkki SAP:ssa luodusta raportista, joka antaa tuloksena vaiheiden raportoinnit sekä laskee tuotteen läpimenoajan.

Order Info System - Confirmations										
Order	Material	Material description	Yield	Unit	Work Cent.	Oper./Act.	% ActyToConf	Entered by	Finish execut.	Actual finish
1018936	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_MECH	0010	0,657	LINDAPA1	12.12.2012	09:06:59
	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_ELEC	0020	0,690	LINDAPA1	12.12.2012	09:16:12
	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_FIN	0025	0,495	EMEDLYCO	12.12.2012	09:43:24
	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_FIN	0300	0,250	EMEDLYCO	12.12.2012	09:46:44
1018936							2,092			
1018940	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_MECH	0010	1	KUJAPOL	12.12.2012	10:05:48
	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_ELEC	0020	0,670	KUJAPOL	12.12.2012	10:38:38
	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_FIN	0025	0,373	EMEDLYCO	12.12.2012	11:14:15
	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_FIN	0300	0,250	EMEDLYCO	12.12.2012	11:17:06
1018940							2,293			
1018969	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_MECH	0010	0,577	MMUNSHI	14.12.2012	12:25:53
	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_ELEC	0020	0,720	MMUNSHI	14.12.2012	12:33:22
	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_FIN	0025	0,465	PURHOPE	14.12.2012	13:27:03
	52610818	HOIST CTO_Q-HOIST - HOIST	1	PC	WRH_FIN	0300	0,250	PURHOPE	14.12.2012	13:30:08
1018969							2,012			

Kuva 18 SAP:in raportti tuotteen läpimenoajoista

Vaiheiden oikea-aikainen raportointi tarkoittaa, että todelliset läpimenoajat saadaan kerättyä järjestelmään ja niiden kehittymistä voidaan seurata. Tähän löytyy järjestelmästä myös valmis raportti, jonka avulla voidaan tietyn ajanjakson ja muiden kriteerien perusteella ajaa tuotteiden läpimenoajat yhdelle raportille. Vaiheiden oikea-aikainen raportointi helpottuu uusien vaiheketjujen sekä solujen kautta, sillä nyt rakenne on saatu sen kaltaiseksi, että se on helpompi siirtää järjestelmään. Uusien solujen avulla voidaan tietyn työntekijäryhmän, esim. sähköasentajien työt lukea yhdestä solusta, ja uusien vaiheketjujen myötä vaiheilla on myös todellisuutta kuvaavat työvaiheet. Näin raportoinnin siirtäminen asentajien vastuulle on huomattavasti helpompaa kuin aiemmin ja tästä saatava hyöty on erittäin suuri. Oikea-aikaisten raportointien myötä tilausten seuranta mahdollistuu, varastopoistot tapahtuvat oikeaan aikaan, vaiheajat ja läpimenoajat voidaan ajaa järjestelmästä raporttien avulla ulos ja raportointien unohtuminen vaikeutuu, kun työn suoritettava työntekijä myös raportoi vaiheen valmiiksi.

Lisäksi vaiheiden raportoiminen sekä työjonojen seuranta valmistavat työntekijöitä SAP:in mukanaan tuovia toimenpiteitä varten. iLM – järjestelmässä voidaan myös rajoittaa solujen näkyvyyttä haluttuun ajanjaksoon, jolloin materiaalin vapauttaminen tuotantoon oikeaan aikaan helpottuu. Nykyään töitä on yleisesti aloitettu aivan liian aikaisin ja osakokoonpanoja vieläkin aiemmin, mikä on nostanut keskeneräisen työn määrää sekä vaikeuttanut tuotannon hallintaa. Siirtämällä työsolujen seurannan työntekijöille ja rajoittamalla solujen näkyvyyttä, voidaan tähän ongelmaan ainakin

jollakin tasolla puuttua. Uusien vaiheketjujen myötä myös kokoonpanon vaiheiden ajoitukset ovat todellisia, ja solujen työjonoissa olevilla päivämäärillä voidaan myös ohjata töiden aloittamista.

Uusien vaiheketjujen sekä solujen luomisen yhteydessä tehtiin myös työnsuunnittelijoille selkeät ohjeet vaiheketjujen käytöstä. Aiemmin mitään yleisiä ohjeita ei ollut, mikä oli johtanut siihen, että eri työntekijät laittoivat samoja tuotteita eri vaiheketjujen päälle ja näin myös osien ajoitukset muuttuivat. Kaikille työnsuunnittelijoille vaiheketjujen ja osien ajoitusten yhteys ei ollut aivan selvää, eikä aina tiedetty tarkalleen mitä tehtiin. Yleisten ohjeiden avulla kaikki toimivat samalla tavalla ja mikäli muutoksia tulee, on ne helppo päivittää ohjeisiin ja saattaa näin kaikkien tietoon.

7.3 Vaikutukset organisaatioon ja taloudellinen näkökulma

Tässä työssä tehtyjen muutosten, sekä esitettyjen parannusehdotusten avulla on vaikutettu vaunulinjan toimintaan monella eri tavalla. Samalla on kuitenkin vaikutettu myös liittymäpintojen kautta koko organisaation toimintaan ja tiedon jakamiseen eri osastojen välillä. Toimintatapojen ja raportointikäytäntöjen muutos muiden Hyvinkäällä toimivien osastojen periaatteiden mukaisiksi vaikuttaa kaikkien toimintaan. Tässä kappaleessa pyritään kuvaamaan vaunulinjalla tehtyjen muutosten vaikutukset organisaation muiden osastojen toimintaan, sekä avaamaan työn tulosten kautta tehtyjen muutosten taloudelliset vaikutukset. Kuten työn kirjallisen osuuden yhteydessä jo mainittiin, on kaikkien yritysten pääasiallinen tavoite rahan tekeminen. Siksi myös tämän työn tuloksia on analysoitava taloudellisessa mielessä. Tämän kappaleen lopussa analysoidaan tämän työn mahdolliset taloudelliset vaikutukset yrityksen tulevaisuuteen.

7.3.1 Vaunulinjan muutosten vaikutus organisaatioon

Hyvinkään nostovaunujen kokoonpanolinja toimii hyvin läheisessä yhteistyössä Hyvinkään tehdasalueella sijaitsevien sähkölaite-, vaihde- sekä komponenttitehtaiden kanssa. Tästä syystä muutoksilla vaunulinjan tuotannonohjauksessa ja osien ajoituksissa vaikutetaan välttämättä myös muiden tehtaiden toimintaan. Osien ajoitusten

tarkentumisella saadaan tilattavien tuotteiden toimituspäivämäärät todellisen tarpeen mukaan, ja näin lisätään tiedonkulun avoimuutta organisaation sisällä. Tämän lisäksi välttään asettamasta jokaisessa tuotannon vaiheessa tuotteille omia puskuriaikoja, jolloin vaarana on se, että koko toimitusketjun läpi menevän tuotteen puskuriajat ovat hallitsemattomia ja suhteettoman suuria. Lisäksi osien ajoittamisen tarkentumisella vaikutetaan myös osto-osaston toimintaan, helpotetaan heidän toimittajahallintaa sekä mahdollisesti vähenevien muutostarpeiden takia vähennetään myös heidän työkuormaansa. Osien pyyntien tarkentuneet ajat tarkoittavat myös pääasiallisesti aina toimituksia lähempänä tapahtuvaa kokoonpanoa, mikä tarkoittaa osien toimittajille enemmän toimitusaikaa. Tämä toimitusajan lisääntyminen antaa näiden tehtaiden tuotannonohjaukselle hieman paremmat lähtökohdat. Toki myös toimitusaikojen pitävyys tulee kriittisemmäksi ja näin ollen myös tehtaiden vastuu toimitustäsmällisyydestä kasvaa. Tämä myös ohjaa toimintaa enemmän järjestelmän kautta tapahtuvaksi ja sieltä toimituspäivämäärien mukaan toimimista, ja näin ollen oletettavasti vähentää suullisten sekä sähköisten kyselyjen lähettämistä.

Myös materiaalien vapauttamisen rajoittaminen vaikuttaa osien tarpeeseen. Mikäli uusien vaiheketjujen myötä aletaan tuotannonohjauksen päivämääriä noudattaa myös tuotteiden aloittamisen suhteen, välttään turhan aikaisilta osapyyynneiltä. Uusi töiden ajoitus pyytää osia paljon lähemmäs kokoonpanon alkua, joten kokoonpanon aloittaminen ei tule onnistumaan ainakaan niin aikaisin kuin aiemmin on ollut tapana. Vaikka tämä osien rajoittaminen antaa lisäpainetta ostoon ja toimittajien päivämäärien pitävyyteen, saavutetaan sillä oikeiden päivämäärien luonti. Näin ollen kaikille on selvää milloin osat tarvitaan, ja myös vaunulinjan toimesta osia ei aleta vaatimaan liian aikaisin. Solujen näkyvyyden rajoittamisella voidaan estää turhan aikaisten töiden aloitus, vaikka osia olisikin varastossa tarpeeksi työn aloittamista varten.

Toinen, myös muihin organisaation tasoihin vaikuttava työn aikana tehty muutos, on raportointikäytäntöjen siirtäminen tuotantoon. Tämä prosessi on aloitettu työn aikana UM – puolella ja sitä tullaan jatkamaan myös tämän työn jälkeen. Kun raportointi on siirtynyt täysin asentajien hallinnoimaksi, on tämän toiminnon osalta myös vaunulinjan

toiminta yhtenäistä muiden Hyvinkään tehdasalueella toimivien tehtaiden kanssa. Tästä hyötyvät oikea-aikaisten varastopoistojen kautta osto-osasto sekä lisääntyneen näkyvyyden taholta myös muut tehtaat sekä johtoporras ja GOM osasto. Muutosten ja ongelmatilanteiden kohdalla voi tästä vaunulinjan tuotannon tilan näkyvyydestä tuotannonohjausjärjestelmässä olla hyötyä s myymille tehtaille.

7.3.2 Taloudellinen näkökulma työn tuloksista

Työn tavoitteena oli vaunulinjan kapasiteetinhallinnan kehittäminen vaiheketjuja parantamalla. Työn tuloksena voidaan sanoa saavutetun tason, jolla kapasiteetinhallinta saadaan alulle. Kapasiteetinhallinnan parantumisen ja mahdollistumisen taloudellisten vaikutusten arvioiminen on erittäin vaikeaa, varsinkin vielä tässä vaiheessa, kun muutosten vaikutukset eivät näy tuotannossa kovin selkeästi. Tulevaisuudessa voidaan nähdä kuinka kapasiteetinhallinnan parantumisella saadaan vaunulinjaa ohjattua tarkemmin ja näin myös saavutettavan taloudellista hyötyä. Työn aikana ja työn tuloksena on myös saavutettu joitakin tuloksia, joiden taloudellisten vaikutusten arvioiminen tässä vaiheessa on mahdollista. Seuraavaksi käsitellään näiden tulosten ja muutosten vaikutuksia taloudellisesta näkökulmasta.

Kuten kirjallisuusosiossa kappaleessa 3 ja kuvassa 8 on esitetty, voidaan organisaation tulokseen vaikuttaa positiivisesti tahtiaikaa parantamalla (MTO tuotannossa suoraan läpimenoaikaa parantamalla) ja varastotasojä sekä tuotantokustannuksia pienentämällä. Tarkentuneiden vaiheketjujen sekä materiaalin vapauttamisen rajoittamisella vaikutetaan yllä olevista muuttujista kahteen. Aloittamalla tuotteiden kokoonpano läpimenoaikojen sekä vaiheaikojen mukaan, eikä liian aikaisin, saadaan läpimenoaikoja pienennettyä nykyisestä. Nykyään vaunut usein seisovat odottamassa osia tai odottamassa lähetystä, koska ne on aloitettu liian aikaisin. Tämä kasvattaa läpimenoaikaa ja samalla se myös kasvattaa keskeneräisen työn määrää sekä sitä kautta tuotantoon sitoutuneen pääoman määrää. Uusien vaiheketjujen sekä tarkentuneiden tuotantopäivämäärien avulla voidaan siis pienentää läpimenoaikoja sekä alentaa varaston tasojä ja näin vaikuttaa positiivisesti kahteen muuttujaan kolmesta tuotantokustannusten pysyessä vakioina.

Uusien vaiheaikojen myötä tarkentuneiden osien tarveaikojen takia osat tilataan tehtaalle aikaisempaa käytäntöä myöhemmin lähempänä kokoonpanon aloitusta, minkä seurauksena varastojen tasoa saadaan taas laskettua. Tuotannon parantuneella ohjaustarkkuudella voidaan eri työvaiheiden välisiä siirtymiä tarkastella tarkemmin ja sitä kautta nopeuttaa tuotannon läpimenoaikaa. Tämän lisäksi tuotannon parantunut ohjaustarkkuus mahdollistaa tuotannon linjojen pullonkaulojen tunnistamisen, jonka myötä niitä voidaan hallita oikealla tavalla. Pullonkaulojen hallitsemisella sekä niiden mahdollisella poistamisella tuotannosta voidaan jälleen alentaa läpimenoaikaa.

Tarkentuneiden solurakenteiden sekä raportointikäytäntöjen avulla on myös työntekijöiden hallitseminen tuotannon eri vaiheissa aiempaa helpompaa. Näin nähdään helpommin eri työvaiheiden vaatimat kapasiteetit ja voidaan henkilöstöhallinnan avulla pitää huolta siitä, että kapasiteettia ohjataan oikeaan työvaiheeseen. Tällä hetkellä työntekijöiden ohjaaminen on täysin työnjohtajan vastuulla, eikä työnjohtajalla ole esim. osakokoonpanojen tai muiden vaiheiden päivämääriä tukemassa omaa päätöksentekoaan. Tästä syystä työmiesten ohjaaminen eri työvaiheiden välillä on epäsäännöllistä ja epäsystemaattista. Uusien vaiheketjujen sekä solurakenteiden myötä eri työntekijäryhmien sekä solujen kapasiteetit tiedetään etukäteen ja työntekijöitä voidaan ohjata paremmin. Lisäksi vaiheketjujen uusien vaiheiden päivämäärät ohjaavat tuotantoa tarkemmin, jolloin on mahdollista nähdä mahdolliset ongelmakohdat ja tulevat myöhästymiset ajoissa. Tällöin niihin voidaan vaikuttaa paremmin ja mahdollisesti työvoimaa ohjaamalla aikatauluista kiinni pitäminen paranee. Edellä kuvattujen toimien kautta voidaan jälleen vaikuttaa tuotteiden läpimenoaikaan ja tätä kautta saavuttaa taloudellista etua.

Uudet solurakenteet myös mahdollistavat osakokoonpanosolun sekä UM – puolella keräilysolun ohjaamisen tarkemmin ja niiden toimintaa voidaan tulevaisuudessa kehittää. Mikäli tilauskanta ja työmäärät sen sallivat, voidaan niin erillisen keräilyn kuin osakokoonpanosolun käyttöönoton myötä saada tehtyä nykyään peräkkäin tehtäviä vaiheita samanaikaisesti tehtäviksi. Nykyään keräily tapahtuu vaunun mekaanikkojen toimesta samoin kuin osakokoonpanotkin, joten näillä toimilla voitaisiin tulevaisuudessa

myös lyhentää läpimenoaikoja. Keräilysolun sekä keräilijän käyttöönotto mahdollistaisi nopeamman ja systemaattisemman varastonhoidon kautta säästöä keräilyajoissa, samalla kun varastojen hallinta paranisi. Toisaalta, mikäli tähän palkataan uusi työntekijä, nostaa se tuotannon kustannuksia. Tämän toimen taloudellisten vaikutusten määrittämiseksi, tulisi saatavia säästöjä sekä hyötyjä verrata nousseisiin tuotannon kustannuksiin, jonka jälkeen voidaan tehdä taloudellisesti perusteltu päätös asiasta. Keräilijän palkkaamisen perustana olisi kuitenkin kysynnän määrän kasvu tämänhetkisestä, joten tämä ei ole tällä hetkellä kovinkaan ajankohtaista Hyvinkään vaunutehtaalla.

8. Johtopäätökset

Tämän työn keskeisimpänä tarkoituksena oli luoda Hyvinkään nostovaunutehtaalle uudet vaiheketjut tukemaan sekä kehittämään vaunulinjan kapasiteetinhallintaa. Lisäksi uusien vaiheketjujen ja muiden ratkaisuiden tuli myös osaltaan tukea siirtymistä uuden ERP – järjestelmän käyttöön tulevaisuudessa. Nykytilan analyysistä kävi hyvin ilmi, että järjestelmässä ollut solurakenne sekä vaiheketjujen rakenne eivät kuvanneet todellisuutta tarpeeksi tarkalla tasolla, jotta kapasiteetinhallintaa olisi voitu aiemmin tehdä. Suurimmat haasteet uusien vaiheketjujen luomisessa tulivatkin uuden ERP – järjestelmän sekä nykyisin käytössä olevan järjestelmän toimintojen sekä käytäntöjen eroavaisuuksista sekä vaiheketjujen rakenteesta.

Työn tuloksena esiteltiin uudet vaiheketjut jotka mahdollistavat kapasiteetinhallinnan vaunulinjalla. Vaiheketjujen lisäksi luotiin järjestelmään uusia soluja, jotta uusien vaiheketjujen sekä solurakenteen kautta voitaisiin mallintaa tuotantoa kapasiteetinhallinnan vaatimalla tasolla. Uudet solut sekä vaiheketjut on luotu uuden ERP – järjestelmän vaatimia rakenteita noudattaen. Näin ollen, niin solujen kuin myös vaiheketjujen, ja vaiheaikojen siirtäminen uuteen järjestelmään onnistuu ilman suurempia muutoksia. Vaikka vanhassa järjestelmässä ei olekaan kaikkia samoja ominaisuuksia, joita uuden järjestelmän myötä saadaan käyttöön, ovat vaiheketjujen sekä solujen vaatimat toiminnot ja tiedot yhdenmukaisia uuden järjestelmän kanssa.

Työn pääasiallisena tavoitteena oli uusien vaiheketjujen avulla kehittää kapasiteetinhallintaa. Tähän tavoitteeseen päästiin mahdollistamalla kapasiteetinhallinta nostovaunutuotannossa. Vaiheketjujen sekä solujen luomisen lisäksi vaunulinjan kapasiteetinhallinnan mahdollistamiseksi tuli tehdä myös muutoksia toimintatavoissa. Suurimpana yksittäisenä toimintatavan muutoksena, jonka kapasiteetinhallinta vaatii, on raportointikäytäntöjen muuttaminen. Jotta kapasiteetinhallinnan kannalta oleellinen tieto saadaan tallennettua järjestelmään ja sitä voidaan myöhemmin käyttää tuotannon suunnitteluun, tulee työvaiheiden raportointien tapahtua oikea-aikaisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa raportointivastuun siirtämistä työnjohtajilta asentajille. Tämä muutosprosessi aloitettiin jo tämän työn aikana ja se tulee myös jatkumaan vielä työn

jälkeenkin. Tämä on kapasiteetinhallinnan kannalta aivan oleellista, sillä ilman todellista ja merkityksellistä tietoa ei kapasiteetinhallinnan työkaluja kannata käyttää.

Tämä raportointikäytäntöjen muuttaminen on kuitenkin myös valmistautumista tulevan ERP – järjestelmän käyttöönottoon. Uuden järjestelmän käyttöönotto on hyvin linjassa työn kaikkien tavoitteiden kanssa. Raportointikäytäntöjä muuttamalla saavutetaan myös hyötyä, jotka eivät suoranaisesti liity tämän työn tavoitteisiin. Materiaalien varastopoistot tapahtuvat vaiheiden raportointien yhteydessä ja kun raportointikäytännöt ovat yhdenmukaisia ja todellisuutta kuvaavia, tapahtuvat myös varastopoistot järjestelmässä samanaikaisesti todellisen toiminnan kanssa. Tämä helpottaa varastohallintaa ja näin varastotasojen seuranta paranee myös tulevaisuudessa.

Työn tuloksena on iLM – järjestelmän omat kapasiteetinhallintatyökalut voitu ottaa käyttöön ja myös uuden järjestelmän vaatimien toimintatapojen jalkauttaminen sekä opetteleminen on aloitettu. Tuotannon tarkempi kuvaus järjestelmässä tarkoittaa kapasiteetinhallinnan mahdollistamisen lisäksi myös mahdollisuutta uusien tuotannon toimintaa mittaavien lukujen laskemiseen sekä seuraamiseen. Näitä lukuja seuraamalla voidaan kehittää ja auttaa tuotannonohjausta entisestään. Työn tuloksina on siis saavutettu työlle asetetut tavoitteet kapasiteetinhallinnan kehittämisestä sekä uuteen ERP – järjestelmään soveltuvien vaiheketjujen luomisessa. Tämän lisäksi on mahdollistettu tuotannon tarkempi ohjaaminen muidenkin toimien kautta. Kirjallisuusosiossa on esitetty mahdollisia uusia tuotannon mittareiksi soveltuvia tunnuslukuja, joita työssä tehtyjen muutosten jälkeen voidaan tuotannosta seurata. Näitä tunnuslukuja ovat mm. vaiheajat, läpimenoajat sekä keskeneräisen tuotannon määrä. Kirjallisuustutkimuksen tuloksina liitettiin myös nämä edellä mainitut tunnusluvut yrityksen tulokseen, joten niitä seuraamalla voidaan tuotantoa ohjata yrityksen kannalta oikeaan suuntaan.

9. Suositukset

Kuten tulokset osiosta käy hyvin ilmi, on tämän työn tuloksena saavutettu, työn tavoitteenakin ollut, kapasiteetinhallinnan tehostaminen. Näin ollen jatkoon kannalta on erittäin tärkeää, että kapasiteetinhallintaa aletaan myös käyttää jatkuvasti hyväksi tuotannonohjauksen tukena. Tähän löytyy nykyisestäkin tuotannonohjausjärjestelmästä muutama valmis raportti, joita käyttämällä voidaan selvittää tulevien viikkojen kapasiteettitarpeet solukohtaisesti. Lisäksi tarkempien solurakenteiden myötä myös solujen työjonoista voidaan nopeasti nähdä solun tuleva kuorma. Kapasiteetinhallinnan kannalta tärkeää tietoa antavat läpimenoajat sekä vaiheajat on nyt lisätty järjestelmään. Näitä, sekä niiden kehitystä, tulisi myös seurata, jotta kapasiteetinhallinnan kannalta oleellinen tieto olisi myös ajan tasalla olevaa ja mahdollisten muutosten yhteydessä vaiheajoja myös muutettaisiin kuvaamaan totuutta.

Kirjallisuussosiossa käytiin läpi yleisimmät tuotanto- sekä kapasiteetinhallinta menetelmät että niiden yhteydet toisiinsa. Hyvinkään nostovaunujen tuotannon vaiheet ovat tuotantolinjan tavoin peräkkäisiä, joten tuotannon mallintaminen on suhteellisen helppoa. Kapasiteetinhallintaa voidaan tutkia hieman tarkemmilla menetelmillä, tosin varsinkin UM – puolella vaunujen ominaisuudet vaihtelevat vielä niin paljon, että liian tarkalla kapasiteetinhallinnalla vain sekoitetaan tuotantoa. Tässä työssä esiteltyt kapasiteetinhallintamenetelmät tulevat suoraan nykyisen toiminnanohjausjärjestelmän toiminnoista ja soveltuvat vaunulinjalle hyvin. Uuden toiminnanohjausjärjestelmän kapasiteetinhallinnan tueksi on suunniteltu otettavaksi MES – järjestelmä, mikä mahdollistaisi erilaisten hienokuormitusmenetelmien käytön. Mikäli tämä järjestelmä otetaan käyttöön, tulisi hienokuormituksen tasoa tarkastella vaunulinjalle sopivaksi.

Vaunulinjan tuotteiden läpimenoajoja voidaan alkaa seurata, kun uusilla vaiheketjuilla suunnitellut vaunut tulevat tuotantoon ja raportointikäytännöt on saatu siirrettyä asentajien vastuulle. Ennen kuin raportointi tapahtuu asentajien toimesta oikea-aikaisesti, ei läpimenoajoja kannata järjestelmästä seurata. Läpimenoajojen seuraamiseen on myös iLM – järjestelmässä oma raporttinsa, jota jatkuvasti seuraamalla voidaan selvittää tuotteiden läpimenoajat. Myös vaiheketjujen yksittäisten vaiheiden

vaiheaikoja voidaan seurata järjestelmästä saatavien raporttien avulla. Nämä raportit ovat kuitenkin joiltakin osin hieman vajavaisia ja vaiheajojen selvittämiseksi tarvitaan käsityötä raporttien ajamisen lisäksi. Vaiheaikoja kannattaa kuitenkin tietysti väliajoin tarkastella, ja varsinkin muutosten alkuvaiheessa niitä kannattaa seurata. Tämän työn aikana ei tehty varsinaisia työaikamittauksia, jonka takia tämän hetkisiä tarkkoja asennusaikoja ei ole voitu siirtää vaiheajoihin. Vaiheketjuissa olevat ajat ovat siis arvioita ja niiden seuraaminen muutosten alussa on erittäin tärkeää, jotta niissä mahdollisesti olevat pienet vaihtelut todellisuudesta saadaan poistettua.

Nyt kun vaiheajojen seuraaminen mahdollistuu uusien vaiheketjujen tullessa käyttöön, olisi suositeltavaa seurata vaunulinjan tuotannon tehokkuutta läpimenoajojen kautta. Aiemmin pääpaino on ollut myöhästymien seurannassa, jolloin tuotannon todellinen tehokkuuden taso on jäänyt hämäräksi. Läpimenoajojen seuraamalla saataisiin seurattua tuotannon todellista tasoa, ja lisäksi voitaisiin ongelmatapauksissa löytää juurisyitä ongelmiin nopeammin. Myöhästymiä seurattaessa saadaan selville tuotannonsuunnittelun ja – toteutuksen välinen toimimattomuus, mutta ei välttämättä sitä, kumpi ei ole toiminut ongelmatilanteessa. Läpimenoaika seurattaessa voidaan kuitenkin nopeasti päätellä, onko ongelma aiheutunut tuotannonohjaukseen ja tilausten ajoittamiseen liittyvistä seikoista vai ongelmista tuotannossa. Myös keskeneräisen tuotannon seuraaminen ja sitä kautta materiaalin vapauttamisen uusien sääntöjen seuraaminen kannattaisi aloittaa välittömästi. Mikäli vielä varastotasojen seurattaisiin jollakin tasolla, voitaisiin tuotannon mittareiden avulla selvittää sen ja siellä tehtävien muutosten vaikutusta yrityksen toimintaan aivan kuten kirjallisuudessa on esitetty. Tämän lisäksi myös näiden samojen mittareiden siirtämisestä kirjallisuudessa esitetyn esimerkin mukaan myös muille osastoille, kuten osto- sekä suunnitteluosastoille, saataisiin osastojen mittaamiseen järjestelmällisyyttä sekä yhtenäisyyttä.

Kun vaiheajojen sekä raportointien kautta saadaan tuotannosta tarpeeksi tietoa, tulisi myös tuotannon tasapainoa tutkia. Erityisesti RTG/RMG – puolella tulisi seurata, ovatko käytännön havainnot mekaanisen- ja sähköisen asennuksen epätasapainosta todellisia. Näin voitaisiin tarvittaessa tasapainottaa tuotantoa paremmin ja välttyä

ylimääräiseltä odottamiselta sekä tuotteiden jonottamiselta tuotannossa. Todellisten läpimenoaikojen sekä keskeneräisen tuotannon määrän avulla saadaan selville myös tahtiaika Littlen lain mukaan. Littlen laki sanoo, että pitkän aikavälin keskiarvoilla laskettuna tahtiaika on keskeneräinen tuotanto jaettuna läpäisyajalla. Tätä lukua voitaisiin sitten verrata tavoitteellisiin tahtiaikoihin ja sen mukaan tehdä pidemmän aikavälin kapasiteettisuunnitelmia. (Little 2011)

Lisäksi tulisi kiinnittää erityistä huomiota RTG- sekä RMG -nostovaunujen sähkökaappien tilausten ajoittamiseen. Sähkökaapit tilataan erillisellä tilauksella Hyvinkään tehdasalueella sijaitsevalta sähkölaiteverstaalta. Koska tilaus on erillinen ja omalla tilausnumerolla, ei sitä voitu mitenkään liittää vaunun valmistuksen vaiheketjuihin. Tästä syystä olisi erittäin tärkeää tilata myös sähkökaapit vaunujen vaiheketjujen ajoitusten perusteella, vaikka ne joudutaan tilaamaan erikseen ja pyyntipäivä kirjoittamaan käsin. Tämä luonnollisesti kasvattaa inhimillisten virheiden mahdollisuutta, ja kannattaisikin tutkia mahdollisuuksia liittää sähkökaapin tilaus vaunun työsuunnitteluun.

Mikäli osien toimitukset saadaan tulevaisuudessa ajalleen ja tämä pullonkaula poistuu, tulee uusi pullonkaula tunnistaa ja tehdä mahdolliset toimenpiteet sen ohjaamiseen sekä huomioimiseen. Tämän työn kirjallisuustutkimuksessa on käsitelty pullonkaulan tunnistamisen jälkeiset toimenpiteet, joita seuraamalla saadaan tuotanto mahdollisimman toimivaksi. Mikäli tuleva pullonkaula kuitenkin sijaitsee tuotannossa, toisin kun nykyinen osien saatavuus, tulee tämän tuotannon vaiheen eteen rakentaa puskuri, jotta pullonkaula ei olisi ilman töitä missään vaiheessa. Tällä hetkellä pullonkaulan eteen järjestettävä puskuri on osto-osaston vastuulla, sillä he tilaavat osia tuotantoon ja ovat vastuussa osien oikea-aikaisesta saapumisesta.

10. Yhteenveto

Tuotannon ohjaamisen kannalta on erittäin tärkeää pystyä suunnittelemaan kapasiteetin käyttöä etukäteen, jotta tulevaisuuden tarpeisiin voidaan vastata ja toimintaa ohjata siten, että tilausten toimitusajat pitävät. Kapasiteetinhallinnan perustana voidaan pitää tuotantoon tulevien tilausten työmäärien ennustamista eli kuormituslaskentaa. Kuormituslaskelmien sekä kapasiteettirajoitteiden avulla voidaan tuotantoa suunnitella vastaamaan vallitsevaa kysyntää.

Konecranesin Hyvinkään tehdasalueella toimiva nostovaunuja valmistavan tuotantoyksikön kapasiteetinhallinta on ollut erittäin haastavaa vanhentuneista sekä vajavaisista vaiheketjuista johtuen. Nostovaunujen valmistusyksikkö halusi parantaa tämän diplomityön avulla muodostettavien vaiheketjujen avulla sen tuotannon kapasiteetinhallintaa. Tavoitteena oli myös valmistaa tehtaan tuotannonohjausta tulevaan ERP – järjestelmän muutokseen, muuttamalla sen toimintatapoja uuden järjestelmän kaltaisiksi mahdollisuuksien mukaan.

Tämän työn tärkeimpinä tuloksina luotiin nostovaunujen valmistukseen sen yleisimmille tuotteille uudet vaiheketjut sekä tuotantoon uudet solurakenteet. Lisäksi työn tuloksena muutettiin töiden vaiheiden raportointikäytäntöjä siten, että kapasiteetinhallinnan kannalta oleellinen tieto on saatavilla järjestelmästä. Näiden toimien avulla saatiin nostovaunujen tuotantoyksikön kapasiteetinhallintaa kehitettyä, ja nyt voidaan seurata mm. yksittäisten solujen kapasiteettitarpeita ja muodostaa kapasiteetinhallinnan avulla tarkemmat ja todenmukaisemmat tuotantosuunnitelmat.

Tässä työssä tehtyjen muutosten avulla saatiin myös kaikille osille luotua todellisia tarpeita vastaavat toimitus- sekä valmistusaikataulut. Näillä aikatauluilla voidaan saavuttaa alentuneiden varastotasojen lisäksi myös etuja tuotannonsuunnittelussa sekä toimittajien hallinnassa. Lisäksi uudet toimintatavat niin tuotannonohjauksen kuin tuotannonkin puolella valmistavat tehtaan siirtymistä uuden ERP – järjestelmän käyttöön.

Lähdeluettelo

Ashayeri, J. & Willem, S. 2005. An application of a unified capacity planning system. International Journal of Operations & Production management, vol 25 No. 9. S.917-937. ISSN 0144-3577.

Brady J., Monk E., Wagner B. 2001. Concepts In enterprise resource planning. Course technology, a division of Thomson Learning, Inc. ISBN 0-619-01593-4.

Chen Z., Tan K., 2011. The perceived impact of JIT implementation on operations performance, Journal of advances in management, vol 8, no. 2, S. 213-235. ISSN 0972-7981.

Cook, D., 1994, A simulation comparison of traditional, JIT, and TOC manufacturing system in a flow shop with bottleneck. Production and inventory management journal, vol 35, no.1, S. 73-78. ISSN 0897-8336.

Davenport T., 1998. Putting the enterprise into the enterprise system. Harvard business review, vol. 76, no. 4, S. 121-131. ISSN 0017-8012.

ENKAWA, T. and SCHVANEVELDT, S., 2007. *Handbook of industrial engineering Elektroninen aineisto : technology and operations management*. 3 p. New York: Wiley.

Frazier, G., Reyes, P. 2000. Applying synchronous manufacturing concepts to improve production performance in high-tech manufacturing. Production and Inventory management journal, vol.41, no.3, S. 60-66. ISSN 0897-8336.

Fry, T., Cox, J. 1989. Manufacturing performance: local vs global performance measures. Production and inventory management journal, vol30, no2, S.52-57. ISSN 0897-8336.

Goldratt, E., Fox, J. 1989. The Goal. Billing & sons Ltd, Worcester. Gower Publishing company limited. ISBN 0-566-02683-X.

Goldratt, E. 2009. Standing on the shoulders of Giants – Production concepts versus production applications The Hitachi tool Engineering example. *Gestão & produção*, v. 16, n.3, p.333-343. ISSN 0104-530X.

Gupta M., Kohli A., 2006. Enterprise resource planning system and its implications for operations function. *Technovation*, vol 26, no.5, S. 687-696. ISSN 0166-4972.

Gupta, M. & Ko, H.& Min, H. 2002. TOC based performance measures and five focusing steps in a job-shop manufacturing environment. *International journal of production research*, vol 40, no. 4, S. 907-930. ISSN 0020-7543.

Haverila, M. & Uusi-Rauva, E. & Kouri, I. & Miettinen, A. 1993. *Teollisuustalous*. Tammer-paino, tampere. ISBN 951-96765-0-3.

Jacobs F., Weston Jr. F., 2007. Enterprise resource planning (ERP) – a brief history. *Journal of operations management*, vol. 25, no. 2, S.357-363. ISSN 0272-6963.

Karmakar, U.S., Kekre, S., Kekre, S. 1987. Capacity analysis of a manufacturing cell. *Journal of Manufacturing Systems*, 1987, Vol.6, no. 3, S.165-175, ISSN 02786125.

Kilpeläinen T. 2012. Vaihdetetaan toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönoton edellytysten määrittäminen. Aalto yliopiston insinööritieteiden korkeakoulu, koneenrakennustekniikan laitos. Espoo.

Konecranes 2012a, Yhtiön intranet. Verkkodokumentti, [viitattu 20.12.2012] Saatavissa: <http://wiki.konecranes.com/kcwiki/display/ERPPProgram/ORIGO+In+A+Nutshell>

Konecranes 2012b, Yhtiön intranet, verkkodokumentti, [viitattu 4.2.2012] Saatavissa: <http://wiki.konecranes.com/kcwiki/display/Industcranes/SMARTON>

Konecranes 2013. Yhtiön intranet. Verkkodokumentti [viitattu 19.3.2013]. Rajoitettu saatavuus.Saatavissa: mykonecranes.com

Lapinleimu, I. & Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. *Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät*. Porvoo: WSOY.

Little, J. 2011. OR FORUM; Little's law as viewed on it's 50th anniversary, Operations research, vol 59, no. 2, S. 536-549. ISSN 0030-364X.

Lockamy A., Spencer M. 1998. Performance measurement in theory of constraints environment. International journal of production research, vol36, no.8, S.2045-2060. ISSN 0020-7543.

McGaughey R., Gunasekaran A., 2007. Enterprise resource planning (ERP): Past, present and future. International journal of enterprise information systems, vol. 3, no. 3, S. 23-35. ISSN 1548-1115.

Marnewick C., Labuschagne L., 2005. A conceptual model for enterprise resource planning (ERP). Information management & computer security, vol. 13, no. 2, S. 144-155. ISSN 0968-5227.

Marucheck, A., McClelland, M. 1992. Planning Capacity Utilization in an Assemble-to-Order Environment. International journal of operations & production management, vol. 12, no. 9, S. 18 – 38. ISSN 0144-3577

Ohno, Taiichi. 1988. The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Portland, Oregon: Productivity Press. ISBN: 0-915299-14-3.

Parr A., Shanks G., 2000. A model of ERP project implementation. Journal of information technology, vol. 15, no. 4, S. 289-303. ISSN 0268-3962.

Plossl, G., 1990. Cost accounting in manufacturing: dawn of a new era, International journal of production planning and control, vol 1, no. 1, S.61-68. ISSN 0953-7287.

Ptak C., Schragenheim E., 2000. ERP: Tools, techniques, and applications for integrating the supply chain. Boca Raton (FL): St. Lucie Press. ISBN 1-57444-270-8.

Reid R., 2007. Applying the TOC five-step focusing process in the service sector. Managing Service Quality, vol 17, no. 2, s.209-237. ISSN 0960-4529. DOI 10.1108/09604520710735209.

Sainio N. 2011. Teollisuusnosturin nostovaunun kokoonpanon mallinnus ja kehittäminen. Diplomityö. Aalto yliopiston insinööritieteiden korkeakoulu, koneenrakennustekniikan laitos. Espoo

SAP AG 2012. SAP-toiminnanohjausjärjestelmä. Rajoitettu saatavuus.

SAP AG 2013. Yhtiön kotisivut. Viitattu 29.3.2013. saatavissa: www.sap.com

Taylor L., 2002. An integration analysis of material requirements planning, just in time, and the theory of constraints. Academy of strategic management journal, vol1., S.109-121. ISSN 1544-1458.

Tenhiälä, A. 2011. Contingency theory of capacity planning: The link between process types and planning methods. Journal of operation management, vol29, no1, s.65-77. ISSN 0272-6963

Umble M., Umble, E. 2001. Integrating enterprise resource planning and theory of constraints: a case study. Production and inventory management journal, vol42, no.2, S. 43-48. ISSN 0897-8336.

Umble, M. Umble, E., Murakamai, S. 2006. Implementing theory of constraints in a traditional Japanese manufacturing environment : The case of Hitachi tool engineering. International journal of production research, vol44, no.10, S.1863-1880, ISSN 0020-7543.

Van Nieuwenhuyse I., De Boek L., Lambrecht M., Vandaele N. 2011. Advanced resource planning as a decision support module for ERP, computers in industry, vol. 62, no. 1, S. 1-8. ISSN 0166-3615.

Wallace T., Kremzar M., ERP: Making it happen; the implementers' guide to success with enterprise resource planning. John Wiley & Sons, Inc. (NY). ISBN 0-471-39201-4.

Watson K., Blackstone J., Gardiner S., 2007. The evolution of a management philosophy: the theory of constraints, *Journal of operations management*, vol. 25, no. 2, S.387. ISSN 0272-6963.

Wemmelöv, U. 1984. Assemble-to-order manufacturing: Implications for materials management. *Journal of operations management*, vol.4, no.4, S.347-368. ISSN 0272-6963.

Wenyi Y., Jian, L., Junbin, Y., Jinhua, P., Xiaoqiang, W. 2007. A study of the method of capacity requirement planning. *Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services*, November 18-20, Nanjing, China. E-ISBN 978-1-4244-1294-5

Liite1

Liite on poistettu sen sisältämän tiedon salaisuuden vuoksi.

Liite2

Liite on poistettu sen sisältämän tiedon salaisuuden vuoksi.